

**AVVISI PUBBLICI REGIONALI DI ATTUAZIONE PER L'ANNO 2015 DEL TIPO DI
OPERAZIONE 16.1.01 "GRUPPI OPERATIVI DEL PEI PER LA PRODUTTIVITÀ E LA
SOSTENIBILITÀ DELL'AGRICOLTURA"
FOCUS AREA 2A, 4B, 4C, 5A E 5E
DGR N. 2268 DEL 28 DICEMBRE 2015**

RELAZIONE TECNICA

INTERMEDIA

FINALE

DOMANDA DI SOSTEGNO 5015564

DOMANDA DI PAGAMENTO 5209918

FOCUS AREA: 5D

Titolo Piano	Digestato&Emissioni - Riduzione delle emissioni nella gestione del digestato
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	Centro Ricerche Produzioni Animali – C.R.P.A. SpA
Elenco partner del Gruppo Operativo	<ul style="list-style-type: none"> • Società Agricola BARBA Piergiorgio e F.lli • Società Agricola PEDROTTI s.s.

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	36
Data inizio attività	1/10/2017
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	31/12/2020

Relazione relativa al periodo di attività dal	1/11/2018	31/12/2020
Data rilascio relazione	22/02/2021	

Autore della relazione	Giuseppe Moscatelli, Laura Valli, Sergio Piccinini		
telefono		email	g.moscatelli@crpa.it

Sommario

1 -	DESCRIZIONE DELLO STATO DI AVANZAMENTO DEL PIANO	3
1.1	STATO DI AVANZAMENTO DELLE AZIONI PREVISTE NEL PIANO	4
2 -	DESCRIZIONE PER SINGOLA AZIONE	4
2.1	ATTIVITÀ E RISULTATI	3
2.2	PERSONALE	11
2.3	TRASFERTE	16
2.4	MATERIALE CONSUMABILE	16
2.5	SPESE PER MATERIALE DUREVOLE E ATTREZZATURE	17
2.6	MATERIALI E LAVORAZIONI DIRETTAMENTE IMPUTABILI ALLA REALIZZAZIONE DEI PROTOTIPI	17
2.7	ATTIVITÀ DI FORMAZIONE	17
2.8	COLLABORAZIONI, CONSULENZE, ALTRI SERVIZI	18
3 -	CRITICITÀ INCONTRATE DURANTE LA REALIZZAZIONE DELL'ATTIVITÀ	19
4 -	ALTRE INFORMAZIONI	19
5 -	CONSIDERAZIONI FINALI	20
6 -	RELAZIONE TECNICA	20

1 - Descrizione dello stato di avanzamento del Piano

Descrivere brevemente il quadro di insieme relativo alla realizzazione del piano. Richiamare eventuali richieste di modifiche inviate agli organi Regionali ed apportate al progetto.

Il Piano d'innovazione "Riduzione delle emissioni nella gestione del digestato - Digestato&Emissioni" si è concluso a fine dicembre 2020. In data 22 dicembre ha avuto luogo, in modalità webinar causa Covid-19, il convegno finale con l'esposizione dei risultati e delle attività svolte, preceduto dalla visita virtuale delle aziende partner del GO. Il Gruppo Operativo si era costituito in forma di ATS in data 27/09/2017.

In data 13/05/2020 è stata richiesta una proroga di 130 giorni alle attività, in seguito approvata e concessa con Atto amministrativo della Giunta Regionale Num. Prot. 28/07/2020.0525463.U. Le motivazioni della richiesta sono dovute principalmente all'emergenza legata al Covid-19 ed alle misure messe in atto per contenere il contagio, che hanno rallentato lo svolgimento delle attività programmate nei mesi di marzo-aprile-maggio 2020.

Nel 2019 sono continuate, e nel 2020 concluse, le attività inerenti la raccolta dati aziendali, attività alla base della valutazione della sostenibilità ambientale delle innovazioni indagate, mediante metodologia LCA (Life Cycle Assessment). Lo studio LCA, previsto dal piano, ha avuto luogo parallelamente alle attività di campo, per la durata del progetto.

Nel periodo primavera-estate, sia del 2019 che del 2020, sono state valutate le emissioni di ammoniaca, gas serra (metano e protossido di azoto) ed odori dalla fase di stoccaggio degli effluenti provenienti da una gestione convenzionale delle matrici in uscita dalla stalla (liquame bovino tal quale e lettiera bovina) rispetto alle medesime matrici sottoposte ad una gestione innovativa e più tecnologica, che ha previsto la loro valorizzazione energetica mediante digestione anaerobica, seguita da trattamento meccanico di separazione solido/liquido del digestato ed, infine, sottoposte ad interventi per mitigare le emissioni ammoniacali dalle frazioni chiarificate, quali: l'acidificazione, formazione di crosta, aggiunta di LECA ed infine di un prodotto additivante.

Per ciascuna annata, dopo il monitoraggio delle emissioni dalla fase di stoccaggio, le attività del piano hanno previsto la misura in campagna sia delle emissioni ammoniacali che dei gas serra in seguito all'utilizzazione agronomica di differenti matrici ed in seguito a diverse modalità di spandimento.

L'attività di Digestato&Emissioni nel 2018 e 2019 ha pertanto valutato se e quanto il processo di digestione anaerobica, la tecnica di separazione S/L ed infine l'acidificazione possano ridurre le emissioni in seguito all'utilizzazione agronomica del digestato, rispetto allo spandimento del liquame bovino tal quale in uscita dalla stalla.

I test condotti nel 2019 e 2020 sono stati, invece, finalizzati a valutare quanto tecniche innovative di distribuzione potessero ridurre le emissioni dallo spandimento del digestato rispetto ad una tecnica convenzionale, ed abitualmente adottata, quale la distribuzione a tutto campo con piatto deviatore. Le due tecniche innovative di distribuzione del digestato testate sono state: un leggero interrimento in solchi creati da dischi assolcatori alla profondità di qualche cm, per non danneggiare il cotico erboso (14 dischi distanziati a circa 30 cm), e una distribuzione con sistema ombelicale a bande superficiali rasoterra mediante calate (60 calate distanziate 25 cm).

L'illustrazione delle attività condotte, la disseminazione dei risultati conseguiti e la divulgazione del Gruppo Operativo Digestato&Emissioni sono proseguite, nel 2019 e 2020, come pianificato mediante Newsletter, blog, articoli, video e fotogallery. Gli ultimi mesi del 2020 hanno visto la realizzazione di un servizio televisivo con messa in onda su emittenti regionali, la realizzazione dell'evento webinar conclusivo e la stampa tipografica di un opuscolo che illustra i risultati delle attività. Il sito WEB dedicato interamente al progetto, ideato, progettato e realizzato nel 2017-2018, è stato costantemente tenuto aggiornato con contenuti multimediali, documenti e presentazioni liberamente scaricabili e facilmente fruibili (<http://digestatoemissioni.crpa.it/>).

1.1 Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano

Indicare per ciascuna azione il mese di inizio dell'attività originariamente previsto nella proposta ed il mese effettivo di inizio, indicare analogamente il mese previsto ed effettivo di termine delle attività. Indicare il numero del mese, ad es.: 1, 2, ... considerando che il mese di inizio delle attività è il mese 1. Non indicare il mese di calendario.

Azione	Unità aziendale responsabile	Tipologia attività	Mese inizio attività previsto	Mese inizio attività effettivo	Mese termine attività previsto	Mese termine attività effettivo
Esercizio della cooperazione	CRPA	Coordinamento e monitoraggio	1	1	36	39
Azione 1	CRPA	Analisi della situazione aziendale	1	1	9	30
Azione 2	CRPA	Misura delle emissioni di NH ₃ , CH ₄ , N ₂ O e odori in fase di stoccaggio	4	4	30	39
Azione 3	CRPA	Misura delle emissioni di NH ₃ e N ₂ O in fase di utilizzazione agronomica	4	4	30	39
Azione 4	CRPA	LCA del cantiere di lavoro convenzionale e ottimizzato	24	24	36	39
Divulgazione	CRPA		1	1	36	39

2 - Descrizione per singola azione

Compilare una scheda per ciascuna azione

2.1 Attività e risultati

Azione	AZIONE ESERCIZIO DELLA COOPERAZIONE
Unità aziendale responsabile	CRPA SpA
Descrizione delle attività	<p>Il Gruppo Operativo Digestato&Emissioni ha confermato alla Regione l'interesse all'attivazione del Piano con lettera Prot. 2211 del 12/09/2017.</p> <p>Il Gruppo Operativo per l'Innovazione si è costituito in forma di ATS con atto notarile n. 13060 del 27/09/2017.</p> <p>Nel mese di novembre 2018 è stata presentata la relazione tecnica intermedia e relativa rendicontazione amministrativa intermedia. Il 21 febbraio 2019 ha avuto luogo la conseguente visita di collaudo da parte della regione Emilia Romagna.</p> <p>In data 13/05/2020 è stata richiesta una proroga di 130 giorni alle attività, in seguito approvata e concessa con Atto amministrativo della Giunta Regionale Num. Prot. 28/07/2020.0525463.U. Le motivazioni della richiesta sono dovute principalmente alle misure messe in atto per contenere il contagio durante l'emergenza Covid-19, che hanno rallentato lo svolgimento delle attività programmate nei mesi di marzo-aprile-maggio 2020. Queste attività sono poi state recuperate nei mesi successivi grazie alla proroga concessa.</p> <p>La collaborazione tra i soggetti che hanno partecipato alle attività, la messa a disposizione del GO delle competenze di ciascun partner e l'interesse concreto nel raggiungere gli obiettivi sono sempre stati presenti.</p> <p>Il management staff di CRPA ha costantemente incontrato i vari partner per verificare la corrispondenza delle attività con quelle assegnate e la tempistica</p>

	<p>di esecuzione.</p> <p>Le attività di project management sono state svolte da CRPA SpA verificando il corretto svolgimento delle attività del Piano, seguendo le comunicazioni che riguardano la sua gestione, i passaggi di informazioni, la programmazione e la gestione delle attività di divulgazione/informazione. Tali attività sono supportate dal sistema di gestione della qualità (SGQ) di CRPA, conforme alla norma ISO 9001:2008.</p> <p>Lo strumento utilizzato per gestire l' SGQ in CRPA è il CRM aziendale.</p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>Con la stesura di questa relazione tecnica finale e la predisposizione del rendiconto, l'attività di esercizio della cooperazione ha raggiunto gli obiettivi prefissati, senza riportare scostamenti o criticità rispetto al Piano presentato.</p>
<p>Attività ancora da realizzare</p>	

Azione	AZIONE 1 – Analisi della situazione aziendale
Unità aziendale responsabile	CRPA SpA con Società Agricola Barba Piergiorgio e F.lli e Società Agricola Pedrotti s.s.
Descrizione delle attività	<p>Nel periodo di attività qui rendicontato (01/11/2018 – 31/12/2020) sono state portate a termine le l'attività di rilievo e registrazione dati utili allo studio finale di Carbon Footprint sulle due aziende partner mediante metodologia LCA.</p> <p>CRPA, in stretta collaborazione con le aziende, ha continuato la raccolta sistematica dei dati necessari per effettuare la determinazione delle emissioni di gas serra delle aziende partner, stimate secondo metodologia LCA.</p> <p>Le attività hanno permesso di rilevare i dati e le informazioni relativi alla produzione di effluenti, alla tipologia e capienza degli stoccaggi, modalità di gestione degli effluenti zootecnici.</p> <p>Sono continuate, nello specifico, le attività di raccolta dati inerenti a: taglia dell'impianto, tipo e quantità di matrici caricate e loro contenuto in sostanza organica, energia elettrica lorda e netta ceduta alla rete, autoconsumi elettrici ed impiego dell'energia termica prodotta. Sono stati raccolti i dati, e se assenti sono state effettuate le analisi direttamente dal CRPA, relativamente alla qualità del biogas prodotto (concentrazione CO₂, CH₄, H₂S).</p> <p>In queste due annualità, particolare attenzione è stata prestata al rilievo dei dati produttivi agrari e zootecnici aziendali quali: numero di capi per le diverse fasi produttive (vacche in lattazione, vacche in asciutta, tori, manze, manzette e vitelli), produzioni (latte, carne, e prodotti vegetali), strutture edilizie e mezzi tecnici, somministrazione dell'alimento, consumi idrici, consumi energetici, modalità di stabulazione delle diverse categorie bovine, gestione degli animali morti e dei rifiuti, trasporti.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi dell'azione sono stati raggiunti: i dati rilevati hanno permesso di portare a termine lo studio LCA e determinare la Carbon Footprint delle due aziende.
Attività ancora da realizzare	

Azione	AZIONE 2 - Misura delle emissioni di NH₃, CH₄, N₂O e odori in fase di stoccaggio
Unità aziendale responsabile	CRPA SpA con Società Agricola Barba Piergiorgio e F.Ili e Società Agricola Pedrotti s.s.
Descrizione delle attività	<p>Nel corso del 2019 e 2020 (periodo delle attività relative a questa seconda rendicontazione tecnica) sono proseguite le misure ed il monitoraggio delle emissioni di ammoniaca, gas serra (metano e protossido di azoto) ed odori dalla fase di stoccaggio degli effluenti provenienti da una gestione convenzionale delle matrici in uscita dalla stalla (liquame bovino tal quale e lettiera bovina) rispetto alle medesime matrici sottoposte ad una gestione innovativa e più tecnologica, che ha previsto la loro valorizzazione energetica mediante digestione anaerobica, seguita da trattamento meccanico di separazione solido/liquido del digestato ed, infine, sottoposte ad interventi per mitigare le emissioni ammoniacali dalle frazioni chiarificate derivanti dal processo di separazione, quali: l'acidificazione, l'utilizzo di uno strato di LECA in copertura ed infine l'utilizzo di un additivo.</p> <p>Oltre al monitoraggio delle emissioni sono stati rilevati, in continuo, i dati meteo (temperatura, umidità dell'aria ambiente, velocità del vento e precipitazioni meteoriche) e le temperature delle matrici in stoccaggio.</p> <p>L'obiettivo delle attività in azione 2 è stato quello di valutare quanto i diversi trattamenti potessero ridurre le emissioni dalla fase di stoccaggio, in relazione anche alla differente tipologia degli effluenti bovini stoccati.</p> <p>Nel 2018 erano state monitorate le seguenti matrici e valutate le differenti potenzialità emmissive dal:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. liquame bovino; 2. liquame bovino acidificato (con aggiunta di acido per abbassare il pH al valore di 6); 3. lettiera bovina; 4. digestato bovino (derivante da digestione anaerobica degli effluenti aziendali); 5. digestato bovino acidificato (derivante da digestione anaerobica degli effluenti aziendali addizionato con acido per abbassare il pH al valore di 6); 6. frazione solida del digestato bovino (derivante dal trattamento di separazione solido/liquido); 7. frazione chiarificata del digestato bovino (derivante dal trattamento di separazione solido/liquido); 8. frazione chiarificata acidificata del digestato bovino (derivante dal trattamento di separazione solido/liquido addizionata con acido per abbassare il pH al valore di 6). <p>L'acidificazione, al fine di abbassare il pH delle matrici, è stata effettuata mediante l'aggiunta di una soluzione di acido solforico al 10%.</p> <p>Le attività condotte nel 2019 hanno monitorato le emissioni dallo stoccaggio delle seguenti tesi:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. liquame bovino; 2. liquame bovino additivato con un prodotto a base di rocce calciche e contenente un estratto derivante dalla fermentazione di <i>AspergillusOryzae</i>; 3. lettiera bovina; 4. digestato bovino (derivante da digestione anaerobica degli effluenti aziendali); 5. frazione solida del digestato bovino (derivante dal trattamento di separazione solido/liquido); 6. frazione chiarificata del digestato bovino (derivante dal trattamento di separazione solido/liquido); 7. frazione chiarificata del digestato bovino additivata con un prodotto a base di rocce calciche e contenente un estratto derivante dalla fermentazione di <i>AspergillusOryzae</i>; 8. frazione chiarificata acidificata del digestato bovino (derivante dal trattamento di separazione solido/liquido addizionata con acido per abbassare il pH al valore di 6). <p>Infine, le attività messe in campo nell'ultima annualità del 2020 hanno avuto come obiettivo sia quello di valutare la riduzione delle emissioni in seguito</p>

	<p>all'utilizzo di minori dosi di acido (minore acidificazione) sia per l'utilizzo di LECA (argilla espansa con calibro 8/20 mm) come copertura semplificata dello stoccaggio, prevedendone una sua distribuzione sulla superficie sino a formare uno strato pari a 5 cm di spessore.</p> <p>Pertanto nel 2020 sono state monitorate le emissioni dalla fase di stoccaggio di:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. liquame bovino; 2. lettiera bovina; 3. digestato bovino (derivante da digestione anaerobica degli effluenti aziendali); 4. frazione solida del digestato bovino (derivante dal trattamento di separazione solido/liquido); 5. frazione chiarificata del digestato bovino (derivante dal trattamento di separazione solido/liquido); 6. frazione chiarificata acidificata del digestato bovino (derivante dal trattamento di separazione solido/liquido addizionata con acido per abbassare il pH al valore di 6,5); 7. frazione chiarificata acidificata del digestato bovino (derivante dal trattamento di separazione solido/liquido addizionata con acido per abbassare il pH al valore di 7). 8. frazione chiarificata del digestato bovino con 5 cm di LECA come copertura superficiale dello stoccaggio. <p>Per ciascuna annualità, le attività di monitoraggio delle emissioni dagli stoccaggi hanno avuto una durata pari ad almeno 2 mesi, durante i quali sono state condotte 6 sessioni di rilievo delle emissioni.</p> <p>Per effettuare le valutazioni sono stati utilizzati stoccaggi pilota da 1 m³ e dinamici, cioè gestiti in scala come lo stoccaggio aziendale reale. Per tutta la durata dei monitoraggi, materiale fresco è stato continuamente aggiunto allo stoccaggio pilota seguendo ritmi, tempi e dosi propri della realtà aziendale.</p> <p>Durante le campagne di monitoraggio, oltre al rilievo delle emissioni dalle diverse tesi in stoccaggio, si è provveduto a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - campionare periodicamente sia le matrici avviate a stoccaggio sia quelle stoccate con successiva caratterizzazione chimico-fisica, presso i laboratori CRPA, relativamente ai parametri pH, Solidi Totali o sostanza secca (ST), Solidi Volatili o sostanza organica (SV), Azoto Totale Kjeldahl (NTK) ed azoto ammoniacale (N-NH₄⁺). Questo è servito a correlare le emissioni rilevate dallo stoccaggio alla tipologia ed alle caratteristiche analitiche delle diverse tesi indagate. - campionare l'aria dalla superficie degli stoccaggi e determinare, presso il laboratorio olfattometrico del CRPA, la concentrazione di odore ed il relativo impatto odorigeno delle diverse tesi dalla fase di stoccaggio (concentrazione di odore determinata mediante Olfattometria Dinamica in conformità con la norma UNI EN 13725:04).
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>In aggiunta a quanto previsto dal piano, sono stati acquisiti i dati meteo e di temperatura dei materiali stoccati al fine di avere certezza che le diverse matrici fossero stoccate in condizioni di temperatura simili tra loro.</p> <p>Come già comunicato al Servizio innovazione, qualità, promozione e internazionalizzazione del sistema agroalimentare (Direzione Generale Agricoltura, Caccia e Pesca) della regione tramite PEC (AGRISSA@POSTACERT.REGIONE.EMILIA-ROMAGNA.IT) con DOC-2019-0213 del 24 gennaio 2019, è emerso che sarebbe stato più opportuno, ed avrebbe comportato una maggior acquisizione di informazioni, seguire gli stoccaggi pilota degli effluenti per un tempo più prolungato rispetto al mese previsto originariamente.</p> <p>Il piano di lavoro prevedeva 1 mese di misure per ciascuna campagna, con 4 sessioni di monitoraggio delle emissioni nel corso del mese. Le campagne previste nell'arco del piano di lavoro sarebbero state 4. Era previsto, pertanto, di condurre 16 sessioni di monitoraggio nell'intero Piano (4 campagne x 4 sessioni di monitoraggio).</p>

	<p>Il tempo di permanenza medio degli effluenti negli stoccaggi aziendali reali è superiore ai 30 giorni e pertanto i dati derivanti dal monitoraggio degli stoccaggi pilota sarebbero stati meno rappresentative della realtà.</p> <p>In accordo con tutti i partner del GO, si è ritenuto di prolungare la campagna di monitoraggio dal mese previsto a 2 mesi. Questo ha comportato la conduzione di 6 sessioni di monitoraggio per campagna invece delle 4 previste.</p> <p>Per rimanere in linea con il budget approvato a finanziamento delle attività, è stato ridotto il numero delle campagne da 4 a 3. Anche riducendo le campagne da 4 a 3, il numero delle sessioni di monitoraggio previste (16) non è stato ridotto, anzi incrementato a 18 (6 sessioni x 3 campagne) ed il monitoraggio degli stoccaggi è risultato più utile al conseguimento degli obiettivi previsti dal Piano. Le due sessioni di monitoraggio aggiuntive hanno inoltre comportato un maggior numero di rilievi rispetto a quelli previsti.</p> <p>Questo leggero scostamento non ha comportato né modifiche tecniche né amministrative al Piano approvato. Il numero di sessioni di monitoraggio, numero di rilievi, campionamenti e determinazioni analitiche è stato in linea o superiore a quanto previsto dal piano e gli obiettivi dell'azione 2 pienamente raggiunti.</p> <p>Non vi sono state variazioni al Piano finanziario, né alcun scostamento dal timetable delle azioni e dagli obiettivi previsti dal Piano.</p> <p>Non si sono evidenziate criticità di nessun genere.</p>
<p>Attività ancora da realizzare</p>	

Azione	Azione 3 – Misura delle emissioni di NH₃ e N₂O in fase di utilizzazione agronomica
Unità aziendale responsabile	CRPA SpA con Società Agricola Barba Piergiorgio e F.lli e Società Agricola Pedrotti s.s.
Descrizione delle attività	<p>Il GO nel 2018 ha valutato se e quanto il processo di digestione anaerobica, la tecnica di separazione S/L ed infine l'acidificazione possano ridurre le emissioni in seguito all'utilizzazione agronomica del digestato, rispetto al liquame bovino tal quale.</p> <p>Le attività condotte nel 2019 e 2020 sono state invece finalizzate a valutare quanto tecniche innovative di distribuzione potessero ridurre le emissioni dallo spandimento del digestato rispetto ad una tecnica convenzionale ed abituale quale la distribuzione a tutto campo con piatto deviatore. Le due tecniche innovative di distribuzione del digestato testate in azione 3, e confrontate con la distribuzione standard a spaglio con piatto deviatore, sono state:</p> <ul style="list-style-type: none"> · distribuzione a bande con leggero interrimento in solchi creati da dischi assolcatori alla profondità di qualche cm, per non danneggiare il cotico erboso (14 dischi distanziati a circa 30 cm); · distribuzione con sistema ombelicale a bande superficiali rasoterra mediante calate (60 calate distanziate 25 cm). <p>E' stata inoltre effettuata, in occasione di ogni campagna, una distribuzione a tutto campo a spaglio di liquame bovino tal quale come tesi di controllo (spandimento standard con effluente non trattato).</p> <p>In base ai risultati delle campagne di monitoraggio svolte nell'azione 2, si è proceduto allo spandimento agronomico delle seguenti matrici con le seguenti modalità:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. liquame bovino distribuito a spaglio a tutto campo; 2. frazione chiarificata del digestato bovino distribuita a spaglio a tutto campo; 3. frazione chiarificata del digestato bovino distribuita a bande con leggero interrimento; 4. frazione chiarificata del digestato bovino distribuita rasoterra a bande superficiali mediante sistema ombelicale. <p>L'attività di campo ha visto lo spandimento autunnale (primi di novembre per il 2019 e fine settembre per il 2020) degli effluenti e digestati bovini su un prato stabile. La dose prevista allo spandimento è stata quella di 170 kg di azoto per ettaro, pur essendo il terreno in Zona Non vulnerabile ai Nitrati.</p> <p>Le quattro matrici sono state distribuite su quattro distinte parcelle. Prima delle attività di spandimento, le matrici sono state caratterizzate dal punto di vista chimico fisico (pH, ST, SV, NTK e N-NH₄⁺) al fine di determinare il quantitativo di effluente da distribuire, per m² di parcella, in relazione al contenuto di azoto.</p> <p>Immediatamente dopo ogni distribuzione sono state installate le attrezzature per misurare e determinare le emissioni gassose dal suolo.</p> <p>Per la misura delle emissioni di ammoniaca dalle 4 parcelle, in seguito ad operazioni di fertilizzazione azotata, è stata impiegata una tecnica validata in numerose esperienze a livello internazionale: quella del "tunnel a vento" (Lockyer, 1984; Ryden & Lockyer, 1985). Le emissioni di ammoniaca sono state rilevate nei 7 giorni successivi allo spandimento, con particolare frequenza di analisi nelle prime 48 ore.</p> <p>Per la misura delle emissioni di gas serra (metano e protossido d'azoto) si è adottata la tecnica definita "static chamber method", come già illustrato nella precedente azione, con misura della concentrazione dei gas mediante analizzatore fotoacustico (INNOVA Lumasense mod. 1412). A differenza della precedente azione, in azione 3 sono state utilizzate delle camere a sezione circolare (diametro 0.45 m con altezza 0.5 m) di minor volume, essendo il tasso di emissività dal suolo minore.</p> <p>La misura dei gas serra è stata condotta in triplice ripetizione su ogni parcella. Sono state effettuate mediamente 7 sessioni di monitoraggio nel corso dei due mesi successivi alla data di spandimento.</p>

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p>Il piano di lavoro prevedeva 5 sessioni di monitoraggio nei 2 mesi successivi a ciascuna fase di utilizzazione agronomica. Per valutare l'andamento e la dinamica delle emissioni di protossido d'azoto nel tempo, si è ritenuto opportuno concentrare 4 sessioni nei 10-15 giorni seguenti allo spandimento, periodo critico, ed effettuare altre 3-4 misurazioni distribuite nei successivi 50 giorni. Pertanto, invece delle 5 sessioni previste ne sono state eseguite mediamente 7.</p> <p>Gli obiettivi previsti dal piano di lavoro sono stati raggiunti e non si segnalano criticità.</p>
Attività ancora da realizzare	

Azione	Azione 4 – LCA del cantiere di lavoro convenzionale e ottimizzato
Unità aziendale responsabile	CRPA SpA con Società Agricola Barba Piergiorgio e F.lli e Società Agricola Pedrotti s.s.
Descrizione delle attività	<p>La sostenibilità ambientale delle aziende partner del GO è stata esaminata mediante la quantificazione della impronta carbonica (Carbon Footprint, CFP) associata alla produzione del latte, con un approccio di ciclo di vita (Life Cycle Assessment, LCA).</p> <p>Con questo si intende la stima del complesso delle emissioni di gas serra, sia quelle che avvengono in stalla e nella fase di coltivazione dei terreni, che anche quelle che avvengono a monte dell'azienda, indotte dalla produzione dei mezzi tecnici utilizzati. Nel bilancio vanno poi considerate sia le emissioni prodotte che quelle evitate in conseguenza all'introduzione dell'impianto di digestione anaerobica.</p> <p>L'azione 4 ha previsto anche uno studio CFP riferito alla fase di produzione energetica per valutare la possibile riduzione delle emissioni di gas serra conseguibili con le diverse configurazioni di lavoro nella gestione degli effluenti.</p> <p>I dati necessari a questo studio (azione 4) sono stati raccolti nell'ambito delle Azioni 1, 2 e 3.</p> <p>Per valutare il beneficio indotto dalla presenza dell'impianto di biogas gli impatti sono stati messi a confronto con quelli delle stesse aziende nella situazione ex-ante, quando non avevano adottato questa opzione impiantistica.</p> <p>Gli impatti sono stati quantificati con riferimento al prodotto che caratterizza le aziende: il latte, ossia si sono calcolate le emissioni di gas serra, in kg di CO₂ equivalente, per la produzione di 1 kg di latte, standardizzato per tenore di grasso e proteina.</p> <p>Dal momento, tuttavia, che le aziende producono anche energia elettrica rinnovabile con il biogas, l'impronta carbonica è stata anche calcolata con riferimento alla sola fase di produzione energetica, in kg CO₂-eq emessi per la produzione di 1 kWh al netto degli autoconsumi.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p>La quantificazione dell'impronta carbonica (Carbon Footprint, CFP) mediante un approccio di ciclo di vita (Life Cycle Assessment, LCA) è stato condotto ed ultimato. I risultati emersi dallo studio (Report Allegato alla presente Relazione Tecnica) sono positivi, ossia la digestione anaerobica ha ridotto l'impronta carbonica del latte di circa il 20% per le due aziende partner.</p> <p>Le attività sono state condotte come previsto nel programma di lavoro e non si annoverano criticità.</p>
Attività ancora da realizzare	

Azione	Divulgazione
Unità aziendale responsabile	CRPA SpA con la collaborazione di tutti gli altri partner
Descrizione delle attività	<p>Per la divulgazione sono state realizzate le seguenti attività:</p> <ul style="list-style-type: none"> • un comunicato stampa informativo sull'avvio delle attività e della costituzione del GOI Digestato&Emissioni in data 23/11/2017 (inviato a n. 187 organi d'informazione e/o giornalisti ed anche pubblicato sulla rivista Point Veterinarie Italie – Professione Allevatore); • pubblicato un articolo tecnico/divulgativo, non fra quelli in programma, nel quale viene evidenziato il progetto Digestato&Emissioni "Dal Crpa di Reggio Emilia Allevamento da latte sette progetti innovativi" di Adelfo Magnavacchi, uscito su rivista Informatore Zootecnico (IZ n.18- 2017 pag.78); • progettato, sviluppato e costantemente aggiornato il sito internet dedicato al GOI Digestato&Emissioni (http://digestatoemissioni.crpa.it). Il sito del Piano è raggiungibile direttamente oppure attraverso il portale dei GOI dal sito CRPA (goi.crpa.it). Il sito si compone di una home page con carosello e news in primo piano e diverse sezioni tra cui "chi siamo", "progetto", "area stampa", "blog", "documenti", "eventi", "contatti"; • creato sulla piattaforma CRM aziendale l'indirizzario di almeno 2000 recapiti che possono riscontrare interesse al piano (allevatori, tecnici, associazioni di produttori, organizzazioni agricole, assessorati all'ambiente e all'agricoltura, distretti veterinari). <p>Nel periodo relativo alla rendicontazione finale sono state realizzate le seguenti attività di divulgazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Implementazione costante del sito internet del Piano con prodotti/attività relative al progetto. Con l'attivazione delle statistiche di registrazione e gestione dei contatti si è evidenziato dal 28/11/2018 un accesso al sito da parte di n. 775 utenti, con n. 1062 sessioni aperte e una media 3,00 pagine visualizzate durante ogni sessione. L'81,1 % dei visitatori ha avuto accesso da desktop, il 18,2 % da mobile, mentre il restante 0,7 % da tablet. Il sito web del GOI è anche il contenitore di materiale multimediale inerente alle attività del Gruppo, quali: <ul style="list-style-type: none"> · blog, · fotogallery, · roll-up, · video e presentazioni. · Impostazione grafica e stampa del materiale divulgativo previsto: cartelline dedicate da personalizzarsi in occasione del singolo evento con etichette removibili (dicembre 2018), un roll up (luglio 2019), realizzazione e stampa di un opuscolo illustrante le attività ed i risultati conseguiti dal Gruppo Operativo (dicembre 2021) http://digestatoemissioni.crpa.it/media/documents/digestatoemissioni_www/GOI_opuscolo_DE_12-2020.pdf?v=20210128. L'opuscolo è stato reso disponibile sul sito di progetto, scaricabile liberamente come pdf, ed inoltre stampato a colori in numero superiore a 500 copie. · Pubblicazione di n. 2 articoli tecnico-divulgativi sulla rivista Terra&Vita: <ul style="list-style-type: none"> ○ n. 15/2019 "Gestione ottimale del digestato per ridurre le emissioni" a cura di Giuseppe Moscatelli, Laura Valli – CRPA; ○ n. 35/2020 "Acidificare il digestato per ridurre le emissioni" a cura di Giuseppe Moscatelli, Laura Valli – CRPA. · Invio di newsletter sui risultati parziali e definitivi del progetto ad indirizzario predisposto tramite piattaforma CRM:

	<ul style="list-style-type: none"> ○ newsletter-1 inviata il 15/12/2018 per presentare e illustrare gli obiettivi del progetto; ○ newsletter-2 inviata il 06/10/2020 all'interno della newsletter CrpaInforma n. 15 con i risultati del primo anno di attività; ○ newsletter-3 inviata il 24/11/2020 all'interno della newsletter CrpaInforma n. 18 con i risultati del secondo anno di attività; ○ newsletter-4 inviata 14/12/2020 con CrpaInforma n. 20 come invito al webinar del convegno finale e visita guidata. · Organizzazione e realizzazione (11/12/2020) di un servizio televisivo con riprese effettuate presso l'Azienda Agricola Pedrotti ed Azienda Agricola Barba, partner di progetto, e messa in onda su canali televisivi a diffusione regionale: Teleromagna, TRMIA, E' TV Rete7, TV QUI. · Produzione di un videoclip con immagini del servizio Tv utilizzato per la visita guidata virtuale (http://digestatoemissioni.crupa.it/nqcontent.cfm?a_id=21740&tt=tb_app1_www). Al momento della rendicontazione (in circa 2 mesi), il video clip ha totalizzato complessivamente oltre 500 visualizzazioni tra i canali YouTube CRPA e A cielo Aperto. · Realizzazione del convegno finale e di una visita guidata virtuale in modalità webinar, il 22 dicembre 2020 h 10.00/12.30, alla presenza di n. 39 stakeholder. Di seguito le presentazioni, scaricabili anche dal sito del GOI: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Presentazione di Digestato&Emissioni a cura di Laura Valli – CRPA; ▪ Visita guidata virtuale: la sede delle attività e le attrezzature impiegate a cura di Giordano Barba e Antonio Pedrotti; ▪ Potenzialità dei piccoli impianti di biogas alimentati a soli liquami bovini aziendali a cura di Erika Sinisgalli – CRPA; ▪ Emissioni di ammoniaca e gas serra dallo stoccaggio e dagli spandimenti a cura di Giuseppe Moscatelli – CRPA; ▪ L'impronta carbonica delle aziende da latte con impianto di biogas a cura di Laura Valli – CRPA. · Invio del Comunicato Stampa n.2 con CrpaInforma n. 22, per informare sui risultati conseguiti al termine del progetto. · Invio abstract per partecipazione al convegno internazionale RAMIRAN 2020 - <i>"Managing Organic Resources in a Changing Environment"</i>, 14-17 settembre 2020 - Cambridge UK, dal titolo "Ammonia and GHG emissions from cattle slurry and digestate during storage and after land application" a cura di Giuseppe Moscatelli, Paolo Mantovi – CRPA SpA. Purtroppo l'evento è stato rinviato per emergenza COVID-19 al 20-23 settembre 2021. · Diffusione delle iniziative legate al progetto tramite social Twitter CRPA (17/12/20).
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p>Si sono realizzate tutte le attività previste nel Piano, tranne un incontro tecnico in azienda, che doveva tenersi in concomitanza della visita guidata, causa emergenza COVID-19.</p> <p>La visita guidata è stata realizzata in modalità virtuale, in concomitanza del convegno webinar finale, allo scopo di ovviare all'impossibilità di realizzare un evento in presenza presso le aziende.</p> <p>Ne consegue il non utilizzo dei costi relativi agli affitti delle sale e coffee break, oltre al servizio bus e traduzioni.</p>
Attività ancora da realizzare	

2.2 Personale

Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.

Esercizio della Cooperazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	CRPA - Tecnico	Segreteria tecnica	39	961,35
	CRPA - Amministrativo	Supporto gestione amministrativa	107	2.845,13
	CRPA - Responsabile settore	Coordinamento, supervisione attività	32	1.451,20
	CRPA - Responsabile amministrativa 2020	Responsabile gestione amministrativa	85	3.650,05
			TOTALE	8.907,73

Azione 1 della realizzazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	CRPA - Responsabile settore	Coordinamento, supervisione attività	8	360,56
	CRPA - Ricercatore	Coordinamento, supervisione attività	14	574,28
	CRPA - Ricercatore	Rilievi, elaborazione dati	8	212,24
	CRPA - Ricercatore	Rilievi, elaborazione dati, stesura relazioni	8	219,76
			TOTALE	1.366,84

Azione 2 della realizzazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	CRPA - Responsabile settore	Coordinamento, supervisione attività	88	3.979,60
	CRPA - Ricercatore	Coordinamento, supervisione attività	64	2.627,84
	CRPA - Ricercatore	Rilievi, elaborazione dati	108	2.878,40
	CRPA - Ricercatore	Rilievi, elaborazione dati, stesura relazioni	64	1.724,96
	CRPA - Ricercatore	Rilievi, elaborazione dati, stesura relazioni	30	804,00
	CRPA - Tecnico	Analisi di laboratorio	144	3.618,72
	CRPA - Tecnico	Prelievo campioni, rilievi di campo	120	3.252,64
	Az. PEDROTTI - Operaio	Operaio	268	3.528,32
	Az. BARBA - Operaio	Bracciante agricolo	107	1.600,24
			TOTALE	24.014,72

Azione 3 della realizzazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	CRPA - Responsabile settore	Coordinamento, supervisione attività	101	4.569,15
	CRPA - Ricercatore	Coordinamento, supervisione attività	56	2.299,36
	CRPA - Ricercatore	Rilievi, elaborazione dati	170	4.532,00
	CRPA - Ricercatore	Rilievi, elaborazione dati, stesura relazioni	182	4.908,78
	CRPA - Ricercatore	Rilievi, elaborazione dati, stesura relazioni	64	1.715,20
	CRPA - Tecnico	Analisi di laboratorio	238	5.984,30
	CRPA - Tecnico	Prelievo campioni, rilievi di campo	110	2.981,59
	Az. PEDROTTI - Operaio	Operaio	268	3.528,32
	Az. BARBA - Operaio	Bracciante agricolo	105	1.570,32
			TOTALE	32.089,02

Azione 4 della realizzazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	CRPA - Responsabile settore	Coordinamento, supervisione attività	24	1.088,40
	CRPA - Ricercatore	Coordinamento, supervisione attività	40	1.642,40
	CRPA - Ricercatore	Rilievi, elaborazione dati	80	2.139,00
	CRPA - Ricercatore	Rilievi, elaborazione dati, stesura relazioni	60	1.612,60
			TOTALE	6.482,40

Divulgazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	CRPA - Segreteria	Assistenza organizzativa divulgazione	16	336,44
	CRPA - Ricercatore	Responsabile divulgazione	4	211,12
	CRPA - Tecnico	Informatico	8	204,4
	CRPA - Segreteria	Assistenza organizzativa divulgazione	24	540,96
	CRPA - Tecnico	Supporto tecnico attività di divulgazione	111	2.290,69
	CRPA - Ricercatore	Rilievi, elaborazione dati, stesura relazioni	138	3.713,66
			TOTALE	7.297,27

2.3 Trasferte

Cognome e nome	Azione	Descrizione	Costo
	Azione 3 - CRPA	RE - Cadelbosco Sopra - RE-12/02/2018: Az. Pedrotti - Prelievo campioni	€8,70
	Azione 3 - CRPA	RE - Villa Cella - RE (3 viaggi)-22/09/2018: Az. Barba - Predisposizione parcelle	€30,08
	Azione 3 – CRPA	RE - Villa Cella - Bagnolo - Villa Cella - RE-18/01/2019: OMAZ - Rilievo dati e manutenzione attrezzatura per monitoraggio ammoniacca	€20,40
	Azione 3 – CRPA	RE - Villa Cella - Bagnolo - Villa Cella - RE-18/09/2019: OMAZ - Prove spandimento e manutenzione attrezzature	€18,91
	Azione 3 – CRPA	RE - Pegognaga (MN) - RE-26/11/2019: partecipazione a convegno	€32,55
	Azione 3 – CRPA	RE - Montecchio (RE) - RE-19/05/2020: Master Service: predisposizione olfattometro per test	€12,96
	Azione 3 – CRPA	RE - Cadelbosco Sopra - RE-24/09/2020: Az. Pedrotti - Organizzazione spandimento	€8,40
	Azione 3 – CRPA	RE - Cadelbosco Sopra - RE-12/02/2018: Az. Pedrotti - Prelievo campioni	€8,70
	Azione 3 – CRPA	RE - Villa Cella - RE (3 viaggi)-22/09/2018: Az. Barba - Predisposizione parcelle	€30,08
	Azione 3 - CRPA	RE - Villa Cella - Bagnolo - Villa Cella - RE-18/01/2019: OMAZ - Rilievo dati e manutenzione attrezzatura per monitoraggio ammoniacca	€20,40
TOTALE			€132,00

2.4 Materiale consumabile

Fornitore	Azione/partner	Descrizione materiale	Costo
Instruments Lab Control	Azione 2 - CRPA	Fattura n. 190 del 29/03/2019 - Materiale di consumo per attività di laboratorio: reagenti	€222,50
Instruments Lab Control	Azione 2 - CRPA	Fattura n. 9 del 31/01/2020 - Materiale di consumo per attività di laboratorio: reagenti	€675,20
Instruments Lab Control	Azione 2 - CRPA	Fattura n. 163 del 31/03/2020 - Materiale di consumo per attività di laboratorio: reagenti	€449,00
Instruments Lab Control	Azione 2 - CRPA	Fattura n. 735 del 31/10/2020 - Materiale di consumo per attività di laboratorio: reagenti	€1.102,52
OMAZ srl	Azione 3 - CRPA	Fattura n. 142 del 31/07/2018 - Materiale di consumo per attività di monitoraggio in campo: supporti e raccordi per tunnel a vento	€4.200,00
AERSISTEM IMPIANTI srl	Azione 3 - CRPA	Fattura n. 103/A del 03/04/2019 - Materiale di consumo per attività di monitoraggio in campo: 10 pompe SP 625	€1.485,00
Energy Team spa	Azione 3 - CRPA	Fattura n. 1900740 del 23/05/2019 - Materiale di consumo per attività di monitoraggio in campo: 6 contaltri misuratore a membrana	€540,00
Instruments Lab Control	Azione 3 - CRPA	Fattura n. 373 del 31/05/2019 - Materiale di consumo per attività di monitoraggio in campo: gorgogliatori e provette in vetro	€808,00
Instruments Lab Control	Azione 3 - CRPA	Fattura n. 470 del 29/06/2019 - Materiale di consumo per laboratorio olfattometrico	€458,00
Instruments Lab Control	Azione 3 - CRPA	Fattura n. 163/P del 23/12/2019 - Materiale di consumo per laboratorio olfattometrico	€400,00

Fornitore	Azione/partner	Descrizione materiale	Costo
Instruments Lab Control	Azione 3 - CRPA	Fattura n. 170 del 31/03/2020 - Materiale di consumo per attività di laboratorio: reagenti	€289,00
Instruments Lab Control	Azione 3 - CRPA	Fattura n. 422 del 30/06/2020 - Materiale di consumo per attività di laboratorio: reagenti	€614,50
TECNOGRAF srl	Azione Divulgazione - CRPA	Fattura n. 1158 del 28/12/2018 - Materiale di consumo per attività di divulgazione: 250 cartelline	€158,00
TECNOGRAF srl	Azione Divulgazione - CRPA	Fattura n. 634 del 29/07/2019 - Materiale di consumo per attività di divulgazione: roll-up	€70,00
TECNOGRAF srl	Azione Divulgazione - CRPA	Fattura n. 815 del 18/12/2020 - Materiale di consumo per attività di divulgazione: opuscolo 8 pagine a colori	€450,00
TOTALE			€11.921,72

2.5 Spese per materiale durevole e attrezzature

Fornitore	Azione - Partner	Descrizione dell'attrezzatura	Costo
Alba Leasing	Azione 2 – CRPA	Leasing: Monitor Innova analizzatore portatile biogas – Leasing contratto n. 1117321/1 – Varie fatture	12.317,40
TOTALE:			12.317,40

Fornitore	Azione - Partner	Descrizione dell'attrezzatura	Costo
OMAZ	Azione 3 - CRPA	Fattura n. 142 del 31/07/2018 - Ammortamento 3 tunnel a vento per rilievo delle emissioni ammoniacali	2.025,00
Totale:			2.025,00

2.6 Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

Descrivere i prototipi realizzati e i materiali direttamente imputabili nella loro realizzazione

Fornitore	Descrizione	Costo
Totale:		

2.7 Attività di formazione

Descrivere brevemente le attività già concluse, indicando per ciascuna: ID proposta, numero di partecipanti, spesa e importo del contributo richiesto

La proposta di formazione coaching n. 5015626 non è stata ammessa.

2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Nominativo del consulente	Azione - Partner	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
	Azione 2 - CRPA	16.199,00	Fattura n. 17 del 14/12/2018 - Impostazione campagne di monitoraggio; analisi dati e relazioni (incarico n. 73 del 11/01/2018)	1.999,92
	Azione 1 e 2 - CRPA	16.199,00	Fattura n. 13 del 17/12/2019 - Impostazione campagne di monitoraggio; analisi dati e relazioni (incarico n. 73 del 11/01/2018)	5.499,52
	Azione 2, 3 e 4 - CRPA	16.199,00	Fattura n. 6 del 15/12/2020 - Impostazione campagne di monitoraggio; analisi dati e relazioni (incarico n. 73 del 11/01/2018)	8.699,60
	Azione divulgazione - CRPA	2.040,00	Fattura n. 6 del 07/01/2019 - Coordinamento attività divulgazione, comunicati stampa (incarico n. 73 del 11/01/2018)	510,00
	Azione divulgazione - CRPA	2.040,00	Fattura n. 5 del 01/01/2020 - Coordinamento attività divulgazione, comunicati stampa (incarico n. 73 del 11/01/2018)	765,00
	Azione divulgazione - CRPA	2.040,00	Fattura n. 47 del 15/12/2020 - Coordinamento attività divulgazione, comunicati stampa (incarico n. 73 del 11/01/2018)	780,00
TOTALE				18.254,04

CONSULENZE - SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Azione	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
AIRNOVA srl	Azione 2 - CRPA	3.000,00	Fattura n. 81 del 43816 - Calibrazione monitor Innova analizzatore portatile gas	3.000,00
Olfasense GmbH	Azione 2 - CRPA	2.390,00	Fattura n. 2000301 del 43951 - Calibrazione olfattometro	2.390,00
Sia Modena SRL	Azione divulgazione - CRPA	850,00	Fattura n. 18865 del 44180 - Servizio televisivo + videoclip	850,00
TOTALE				6.240,00

3 - Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività

Lunghezza max 1 pagina

Criticità tecnico-scientifiche	
Criticità gestionali (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	
Criticità finanziarie	

4 - Altre informazioni

Riportare in questa sezione eventuali altri contenuti tecnici non descritti nelle sezioni precedenti

5 - Considerazioni finali

Riportare qui ogni considerazione che si ritiene utile inviare all'Amministrazione, inclusi suggerimenti sulle modalità per migliorare l'efficienza del processo di presentazione, valutazione e gestione di proposte da cofinanziare

6 - Relazione tecnica

DA COMPILARE SOLO IN CASO DI RELAZIONE FINALE

Descrivere le attività complessivamente effettuate, nonché i risultati innovativi e i prodotti che caratterizzano il Piano e le potenziali ricadute in ambito produttivo e territoriale

- La **relazione tecnica finale** del Piano di Innovazione viene allegata come file separato in formato pdf e con nome (Allegato 1):

5015564_Digestato&Emissioni_relazione_finale_Allegato1.pdf

- Per ulteriori informazioni si rimanda inoltre al materiale disponibile ai seguenti link:

GO Digestato&Emissioni Sito WEB	http://digestatoemissioni.crpa.it/
Opuscolo finale dei risultati del GO	http://digestatoemissioni.crpa.it/ngcontent.cfm?a_id=21951&tt=t_bt_app1_www
Articoli	http://digestatoemissioni.crpa.it/ngcontent.cfm?a_id=19031&tt=t_bt_app1_www
Presentazioni	http://digestatoemissioni.crpa.it/ngcontent.cfm?a_id=21679&tt=t_bt_app1_www
Video e Foto	http://digestatoemissioni.crpa.it/ngcontent.cfm?a_id=18388&tt=t_bt_app1_www
Newsletter e comunicati	http://digestatoemissioni.crpa.it/ngcontent.cfm?a_id=16874&tt=t_bt_app1_www

Reggio Emilia, 22 febbraio 2021

IL LEGALE RAPPRESENTANTE

.....

Regione Emilia-Romagna - Programma regionale di sviluppo rurale 2014-2020

16.1.01 - Gruppi operativi del partenariato europeo per l'innovazione: Produttività e sostenibilità dell'agricoltura — Focus Area 5D - Ridurre le emissioni di gas a effetto serra e di ammoniaca prodotte dall'agricoltura

Gruppo Operativo – Digestato&Emissioni

(domanda di sostegno 5015564)

Digestato&Emissioni

Riduzione delle emissioni nella gestione del digestato

5015564_Digestato&Emissioni_relazione_finale_Allegato1.pdf

Rendicontazione tecnica finale dei risultati del Piano d'Innovazione

A cura di



Viale Timavo, 43/2 – 42121 Reggio Emilia

Reggio Emilia, febbraio 2021

INDICE

INTRODUZIONE	3
AZIONE 1 – Analisi della situazione aziendale	4
AZIONE 2 – Misura delle emissioni di ammoniaca, gas serra ed odori in fase di stoccaggio	7
AZIONE 3 – Misura delle emissioni di NH ₃ e N ₂ O in seguito ad utilizzazione agronomica	19
AZIONE 4 – LCA del cantiere di lavoro convenzionale e ottimizzato	26
CONCLUSIONI	31

INTRODUZIONE

Le aziende bovine con impianto di digestione anaerobica sono una realtà consolidata in regione Emilia Romagna ed il recente decreto DL 76 “Decreto Semplificazioni”, pubblicato in Gazzetta Ufficiale il 16 luglio 2020, può ulteriormente rilanciarne la diffusione.

La digestione anaerobica permette una valorizzazione energetica degli effluenti aziendali in quanto è possibile ricavare dai 15 ai 20 Nm³ di metano per tonnellata di liquame bovino e 30 - 35 Nm³ di metano per tonnellata di letame, che in sintesi significa produrre circa 0,30 kWe per vacca in produzione (CRPA, Bovini da latte e Biogas - <http://www.crpa.it/lineebiogas>).

Dagli impianti di biogas esce un prodotto, il digestato, con ottime proprietà fertilizzanti, in quanto, rispetto ai liquami/letami di origine, contiene una maggior percentuale di azoto in forma minerale, più prontamente disponibile per le colture. La sostanza organica in esso presente risulta maggiormente stabilizzata, con conseguente riduzione dell’impatto odorigeno e miglioramento delle proprietà ammendanti.

Dal punto di vista ambientale, gli impianti di biogas a soli effluenti zootecnici permettono di accumulare un “credito” di gas serra in atmosfera sia per le emissioni evitate dallo stoccaggio degli effluenti, sia perché il biogas sostituisce fonti fossili per la produzione di energia.

Il digestato, tuttavia, per il tenore di azoto ammoniacale e pH più elevati rispetto al liquame, è soggetto a maggiori perdite di ammoniaca in atmosfera, a meno che non vengano messe in atto buone pratiche di mitigazione.

Quali sono le condizioni per una ottimale gestione del digestato, che minimizzino la volatilizzazione di ammoniaca e di gas serra sia in fase di stoccaggio che di distribuzione agronomica? Come cambia l’impronta carbonica delle aziende da latte che decidono di avviare i loro effluenti a digestione anaerobica con produzione di biogas a fini elettrici?

Queste sono le domande a cui il gruppo operativo Digestato&Emissioni ha inteso dare risposta.

Partner del Gruppo Operativo e sede delle attività sono stati due allevamenti di vacche da latte per Parmigiano Reggiano: la Società Agricola Barba Piergiorgio e F.lli, con 280 bovine in lattazione ed un impianto di biogas da 99 kW elettrici, e la Società Agricola Pedrotti, con 900 bovine in lattazione ed un impianto di biogas da 330 kW elettrici. Le due società agricole hanno sede nel comune di Reggio Emilia in località Cella.

AZIONE 1 – Analisi della situazione aziendale

La prima fase necessaria a uno studio LCA è la cosiddetta fase di inventario, ossia la raccolta dei dati aziendali necessari per effettuare la determinazione delle emissioni di gas serra della azienda, in tutte le fasi produttive considerate. Nello specifico si tratta di due aziende da latte con impianto di digestione anaerobica, per cui le informazioni da raccogliere riguardano sia le caratteristiche della azienda agricola, che quelle dell'impianto di biogas.

In particolare per la parte relativa all'azienda agricola i dati necessari fanno riferimento a: numero di capi per le diverse fasi produttive (vacche in lattazione, vacche in asciutta, tori, manze, manzette e vitelli), produzioni (latte, carne, ed eventualmente prodotti vegetali), strutture edilizie e mezzi tecnici, composizione della razione alimentare e sua provenienza, consumi idrici, consumi energetici, modalità di stabulazione delle diverse categorie bovine, modalità di gestione degli effluenti zootecnici, gestione degli animali morti e dei rifiuti, trasporti. Oltre a questi dati, per le produzioni vegetali vendute e per quelle reimpiegate in azienda (alimenti per il bestiame) la metodologia di rilievo prevede l'analisi dettagliata dei seguenti aspetti: coltivazioni praticate e relative superfici, produttività delle colture, lavorazioni effettuate e macchine agricole utilizzate, consumi idrici, consumi energetici, tipo e quantità di fertilizzanti di sintesi utilizzati, tipo e quantità di effluenti di allevamento applicati, tipo e quantità di fitofarmaci e pesticidi utilizzati.

I principali dati relativi all'impianto di biogas e alla modalità di gestione del digestato riguardano: taglia dell'impianto, tipo e quantità di matrici caricate e loro contenuto in sostanza organica, potenziale metanigeno, autoconsumi, eventuale impiego dell'energia termica prodotta, mezzi utilizzati per la distribuzione del digestato e loro consumi.

Per la raccolta dei dati aziendali sono stati utilizzati questionari appositamente predisposti, che sono stati utilizzati per la raccolta dei dati primari relativi all'anno di monitoraggio 2018.

Per i dati secondari è stata utilizzata la banca dati LCA Ecoinvent, v.3 (2013), e per l'elaborazione dei dati il codice di calcolo SimaPro (versione 8.0).

Le due aziende del GO si trovano nel comune di Reggio Emilia, in area di pianura e sono caratterizzate da una differente dimensione aziendale, media nel caso dell'azienda Barba, con 330 capi produttivi, grande nel caso dell'azienda Pedrotti, con più di 1000 capi produttivi.

In Tabella 1 vengono riassunte alcune caratteristiche descrittive sulla composizione della mandria delle aziende monitorate, in Tabella 2 gli indici tecnici e produttivi, in Tabella 3 le superfici aziendali, in

Tabella 4 la entità della razione, in Tabella 5 la produzione di effluenti, in Tabella 6 gli assetti colturali e le relative rese.

Tabella 1 - Caratteristiche produttive delle aziende.

Consistenza zootecnica	Barba	Pedrotti
n° vacche produttive	330	1 040
<i>di cui in lattazione</i>	280	860
n° altri capi	290	1 010
n° capi totali	620	2 050
quota di rimonta /capi totali	47%	49%

La quota di rimonta nelle aziende è simile per entrambe le aziende, poco inferiore al 50% del totale dei capi. E' questo un parametro che ha grande influenza sulla impronta del carbonio del latte, in quanto gli animali da rimonta contribuiscono alle emissioni, in particolare quelle enteriche, mentre non contribuiscono alla produzione di latte. Una bassa quota di rimonta è uno dei fattori che riduce

l'impronta carbonica del latte. Va rimarcato, comunque, che una bassa quota di rimonta dovrebbe essere connessa a una più lunga carriera produttiva delle bovine, ma, se rilevata su un singolo anno, può essere dovuta a situazioni contingenti, che possono non ripresentarsi negli anni successivi. Una elevata quota di rimonta è, in genere, associata ad allevamenti molto produttivi, che hanno un più rapido turnover delle bovine rispetto ad allevamenti meno intensivi.

Tabella 2 – Indici tecnici e produttivi.

Indici produttivi	Barba	Pedrotti
latte prodotto (kg/a)	3 203 000	10 731 040
latte prodotto (kg/vacca produttiva/anno)	9 706	10 318
latte standard prodotto (kg/vacca produttiva/anno)	9 384	10 051
latte prodotto (kg/vacca lattazione/305 giorni)	37.5	40.9
% grasso nel latte	3.60	3.70
% proteina nel latte	3.51	3.44
carne venduta (kg/a)	44 500	202 200
carne venduta (kg/t latte standard)	13.9	18.8
% allocazione su latte (IDF)	91.3%	88.3%

La produzione di latte delle aziende è risultata molto buona, nel range 9-10000 kg/a di latte standard per vacca produttiva.

Tabella 3 – Superfici aziendali totali e superfici destinate all'alimentazione delle bovine.

Superfici aziendali	Barba	Pedrotti
superficie aziendale totale (ha)	148	471
n° vacche produttive/superficie aziendale (vacche/ha)	2.23	2.21
sup. aziendale per alimentazione (ha)	205	508
quota della superficie per alimentazione (%)	139%	108%
superficie per alimentazione / t latte (ha/t latte)	0.06	0.05

La intensità zootecnica è simile per le due aziende, pari a 2.2 vacche per ettaro.

La quota di superficie aziendale destinata alla alimentazione degli animali, calcolata sulla base della composizione e consumo della razione, è superiore al 100%. Questo può derivare dal fatto, che raccogliendo i dati aziendali relativi a una sola annata, i foraggi consumati nell'anno non coincidono necessariamente con quelli prodotti nella stessa annata in quanto nella prima parte dell'anno si consumano quelli prodotti nell'annata precedente.

Tabella 4 - Razioni.

Razione	Barba	Pedrotti
SS ingerita vacche lattazione (kg/capo/d)	26.1	23.7
SS ingerita vacche asciutta (kg/capo/d)	15.0	11.6
SS ingerita vacche produttive (kg/capo/d)	24.4	21.6
SS ingerita rimonta (kg/capo/d)	9.3	7.2

La sostanza secca ingerita dalle bovine in produzione mostra un valore medio di 25 kg/d per vacca in lattazione. Si tratta di un valore in linea con la produzione media aziendale di latte.

Tabella 5 - Produzione effluenti.

Effluenti	Barba	Pedrotti
Liquame alla DA (t/a)	14499	36500
Letame alla DA (t/a)	674	11680
Totale effluenti alla DA (t/a)	15173	48180
Digestato chiarificato (t/a)	13221	38236
Digestato solido separato (t/a)	1803	5214
Digestato totale (t/a)	15024	43450

Gli effluenti aziendali vengono tutti destinati alla digestione anaerobica. Per entrambe le aziende prevalgono i liquami che nel caso dell'azienda Barba costituiscono il 95% degli effluenti prodotti, mentre nel caso dell'azienda Pedrotti circa il 75%.

Tabella 6 - Coltivazioni e rese.

Azienda	coltura	superficie	resa in	tenore	resa in ss
			tal quale	umidità	
		[ha]	[t tq/ha]	[%]	[t ss/ha]
Barba	medica	58	13	15%	11
	prati stabili	84	13	12%	11
	loietto	7	14	12%	12
Pedrotti	prati stabili	94	10	12%	9
	medica	312	14	15%	12
	loietto	65	11	12%	10

Nelle aziende analizzate prevalgono prato stabile ed erba medica, ed è anche presente il loietto, tutte colture destinate alla alimentazione delle bovine. Trattandosi di aziende che producono latte per Parmigiano Reggiano i foraggi vengono affienati.

Per quanto riguarda le caratteristiche degli impianti di biogas i principali parametri vengono sintetizzati in Tabella 7.

Tabella 7 – Caratteristiche degli impianti di digestione anaerobica.

Parametro	Az. Barba	Az. Pedrotti
Potenza elettrica impianto biogas (kW)	100	330
Biomasse caricate alla DA: liquame (t/anno)	14.670	36.500
letame (t/anno)	960	11.680
Energia elettrica netta prodotta (kWh/anno)	790.000	2.230.000
Digestato prodotto (t/a)	15.000	43.500

AZIONE 2 – Misura delle emissioni di ammoniaca, gas serra ed odori in fase di stoccaggio

L'obiettivo di Digestato&Emissioni è stato quello di valutare le emissioni di ammoniaca e gas serra (metano e protossido di azoto) dalla fase di stoccaggio e di spandimento degli effluenti provenienti da una gestione convenzionale delle matrici in uscita dalla stalla (liquame bovino tal quale e lettiera bovina) rispetto alle medesime matrici sottoposte ad una gestione innovativa e più tecnologica, che ha previsto la loro valorizzazione energetica mediante digestione anaerobica, seguita da trattamento meccanico di separazione solido/liquido del digestato ed, infine, acidificazione delle frazioni liquide. In *Tabella 8* si riportano le caratteristiche medie delle matrici (valori medi relativi ai 3 anni di campionamento) sottoposte al monitoraggio delle emissioni dalla fase di stoccaggio.

Tabella 8 – Caratteristiche chimico-fisiche degli effluenti e digestati (in parentesi valore min. e max. rilevato).

	<i>pH</i>	<i>Solidi Totali</i>	<i>Solidi Volatili</i>	<i>N Totale Kjeldahl</i>	<i>N-ammoniacale</i>
	<i>[-]</i>	<i>[kg/t tq]</i>	<i>[%ST]</i>	<i>[kg/t tq]</i>	<i>[%NTK]</i>
Lettiera bovina	8,9 (8,6÷9,2)	244 (189÷279)	79	6,2 (4,5÷9,8)	23
Liquame bovino	7,1 (6,8÷7,3)	72 (56÷94)	80	2,7 (2÷3,2)	43
Digestato tal quale	7,8 (7,6÷7,9)	62 (53÷72)	70	3,1 (2,9÷3,3)	56
Digestato chiarificato	7,8 (7,6÷8)	44 (38÷50)	63	2,7 (2,1÷3,2)	60
Digestato solido	8,8 (8,7÷8,9)	175 (152÷205)	86	3,9 (3,6÷4,1)	33

A partire dai primi mesi del 2018 sono stati condotti dei test presso il laboratorio CRPA e presso le aziende per definire nei dettagli il protocollo di monitoraggio e la metodologia di misura. Tale fase preliminare è servita per progettare e mettere a punto le attrezzature che permettessero i rilievi previsti dal piano al fine di misurare le emissioni sia da materiali liquidi che solidi.

Per determinare le emissioni di ammoniaca (NH₃ - gas acidificante e precursore delle polveri sottili) e di gas serra (quali protossido d'azoto N₂O, anidride carbonica CO₂ e metano CH₄) provenienti dagli stoccaggi degli effluenti liquidi, si è provveduto ad utilizzare una particolare metodologia sperimentale di misura, definita "static chamber method" (Brewer et al., 1999; Hornig et al., 1999; Pedersen et al., 2001). Questa tecnica consiste nel creare al di sopra della superficie emittente uno spazio chiuso (spazio di testa) all'interno del quale si concentrano i gas emessi. Un piccolo ventilatore posto all'interno della camera evita la stratificazione dei gas.

La concentrazione del gas nello spazio di testa aumenta progressivamente e linearmente in un primo intervallo di tempo per poi rallentare e raggiungere un valore costante asintotico, in corrispondenza del quale si ottiene la saturazione dello spazio di testa ad opera del gas emesso. Il coefficiente angolare della retta di regressione costruita nel tratto lineare della curva di saturazione rappresenta la potenzialità emissiva dell'effluente.

Il flusso emissivo E [g di gas/m²·di superficie per ora h] è poi calcolato mediante la seguente relazione:

$$E = \frac{\Delta c \cdot V_{sat}}{\Delta t \cdot A}$$

Dove:

- $\Delta c/\Delta t$ è il gradiente di concentrazione nel tempo nel tratto rettilineo della curva (cioè il coefficiente angolare della retta di interpolazione dei punti);
- V_{Std} è il volume dello spazio di testa, in cui si concentrano i gas, al di sopra della superficie emittente;
- A corrisponde all'area della superficie emittente racchiusa dalla camera statica ermetica.

La concentrazione dei gas nello spazio di testa è stata misurata con un analizzatore fotoacustico ad infrarossi per gas (INNOVA mod. Lumasense 1412). L'analizzatore multi-gas di tipo portatile, è caratterizzato da un limite di rilevabilità che può arrivare sino all'ordine dei ppb.

Per misurare le emissioni dagli effluenti zootecnici sono stati impiegati degli stoccaggi pilota di capienza pari a 1 m³. Al momento della misura, i contenitori vengono sigillati con un coperchio, appositamente modificato per alloggiare l'apparato sperimentale di campionamento dell'aria ed un ventilatore per evitare la stratificazione dei gas nello spazio di testa. I contenitori, oltre che fungere da stoccaggi pilota, una volta chiusi diventano le camere di saturazione che permettono l'applicazione della tecnica di misura "static chamber method".

La foto in Figura 2 illustra la strumentazione sperimentale e la tecnica di misura delle emissioni adottata per i rilievi.

Una volta terminata la sessione di rilievo delle emissioni, viene tolto il coperchio dagli stoccaggi pilota al fine di mantenere i liquidi stoccati all'interno in condizioni meteo-climatiche e di aerazione simili a quelle che si riscontrerebbero durante lo stoccaggio reale.

Inoltre, per valutare le emissioni dagli stoccaggi in condizioni simili a quelle reali, sono stati utilizzati degli stoccaggi pilota "dinamici", vale a dire che nello stoccaggio pilota è stato aggiunto materiale fresco seguendo ritmi e proporzioni della realtà aziendale, simulando uno stoccaggio di durata pari a 90 giorni (Figura 1).

La dose giornaliera di liquame da aggiungere allo stoccaggio pilota, al fine di simulare su scala pilota la realtà aziendale, è stata calcolata in 7 litri/giorno. Essendo previsto un monitoraggio analitico di circa 60 giorni, ad inizio monitoraggio lo stoccaggio è stato riempito con 210 litri di liquame (quantità corrispondente a 30 giorni di stoccaggio) ed in seguito sono state effettuate aggiunte di ulteriore liquame per altri 60 giorni. Le operazioni di aggiunta del nuovo liquame sono state eseguite settimanalmente con aliquote di 50 litri (circa 7 litri giorno) sino al raggiungimento di 668 litri (pari a 95 giorni di stoccaggio).

L'impatto odorigeno è stato valutato prelevando campioni di aria dallo spazio di testa degli stoccaggi pilota, dopo 6 minuti dalla chiusura del coperchio. I campioni prelevati sono stati successivamente analizzati per determinarne la concentrazione di odore mediante olfattometria dinamica, secondo la norma UNI EN 13725:04. Si tratta di una tecnica di misura sensoriale, basata sul giudizio di valutatori appositamente addestrati, e realizzata presso il laboratorio olfattometrico di CRPA, attrezzato con l'olfattometro TO8 della Olfasense. L'olfattometria dinamica consente di quantificare in modo standardizzato la molestia olfattiva determinando la concentrazione di odore per m³ di aria analizzata. Si basa su una metodologia di esecuzione ed interpretazione dei risultati ormai consolidata e normata a livello comunitario.

L'attività sperimentale ha previsto 6 sessioni di rilievo delle emissioni e degli odori, distribuite nei 60 giorni di monitoraggio previsti.

Le attività hanno inoltre riguardato il campionamento e la **caratterizzazione chimico-fisica** dei liquami e dei digestati bovini.

I parametri analizzati sono stati i seguenti: pH, Solidi Totali (ST), Solidi Volatili (SV), Azoto Totale Kjeldhal (NTK) ed Azoto ammoniacale (N-NH₄⁺).



Figura 1 - 6 stoccaggi dinamici pilota da 1 m³ ed aspetto delle diverse matrici liquide monitorate.



Figura 2 - Strumentazione sperimentale impiegata e tecnica di misura “Static chamber” adottata per il rilievo delle emissioni dagli stoccaggi pilota.

Per misurare le emissioni dai cumuli di materiale solido in stoccaggio, è stata invece adottata una camera di misura costituita da due parti funzionali: un telaio di base in acciaio inox e una camera sovrastante in PVC. Il telaio di base è di forma quadrata (0.6 m di lato), caratterizzato da un elevato grado di robustezza, tale da poter essere infilato con una certa facilità nel cumulo, e dotato di un bordo in rilievo in modo da permettere il collegamento ermetico con la parte superiore in PVC (0.6 x 0.6 x 0.6 m). La parte superiore risulta essere la camera di saturazione dei gas. Sui cumuli di materiale solido le misure sono state effettuate in tre posizioni del cumulo al fine di avere un dato replicato e maggiormente rappresentativo.

La concentrazione dei gas all'interno della camera viene misurata mediante un analizzatore fotoacustico ad infrarossi di gas (INNOVA mod. Lumasense 1412).

Nel 2018 le matrici in stoccaggio, monitorate e confrontate, sono state:

- liquame bovino;
- liquame bovino acidificato (con aggiunta di acido per abbassare il pH al valore di 6);
- lettiera bovina;
- digestato bovino (derivante da digestione anaerobica degli effluenti aziendali);
- digestato bovino acidificato (derivante da digestione anaerobica degli effluenti aziendali addizionato con acido per abbassare il pH al valore di 6);
- frazione solida del digestato bovino (derivante dal trattamento di separazione solido/liquido);
- frazione chiarificata del digestato bovino (derivante dal trattamento di separazione solido/liquido);
- frazione chiarificata acidificata del digestato bovino (derivante dal trattamento di separazione solido/liquido addizionata con acido per abbassare il pH al valore di 6).

Nelle tesi acidificate è stata aggiunta una dose di acido solforico (al 98%) pari a 3,9, 10,3 e 10,1 litri/m³ per portare il pH rispettivamente del liquame bovino tal quale, del digestato tal quale e del digestato chiarificato ad un valore di pH di 6. Il pH mediamente rilevato per il liquame bovino in fase di stoccaggio è stato invece pari a 7,1, mentre per il digestato tal quale ed il digestato chiarificato di 7,8.

Le emissioni dallo stoccaggio per ciascun tipo di effluente sono state misurate in 6 successive sessioni. Per ciascuna fase sono stati calcolati i fattori di emissione (g di gas per m² di stoccaggio e per giorno).

L'integrazione nel tempo delle emissioni rilevate durante le 6 sessioni (mg gas/m²/ora), sull'intero periodo di monitoraggio (26/06/2018 - 29/08/2018), ha permesso di quantificare le emissioni cumulate (g di gas emesso) da ciascun stoccaggio pilota nei 64 giorni di test.

In *Figura 3* si riportano i risultati ottenuti durante il 2018 dal monitoraggio delle emissioni dalle diverse matrici stoccate. Le emissioni sono espresse come g di gas emessi dallo stoccaggio pilota calcolati per l'intero periodo di stoccaggio.

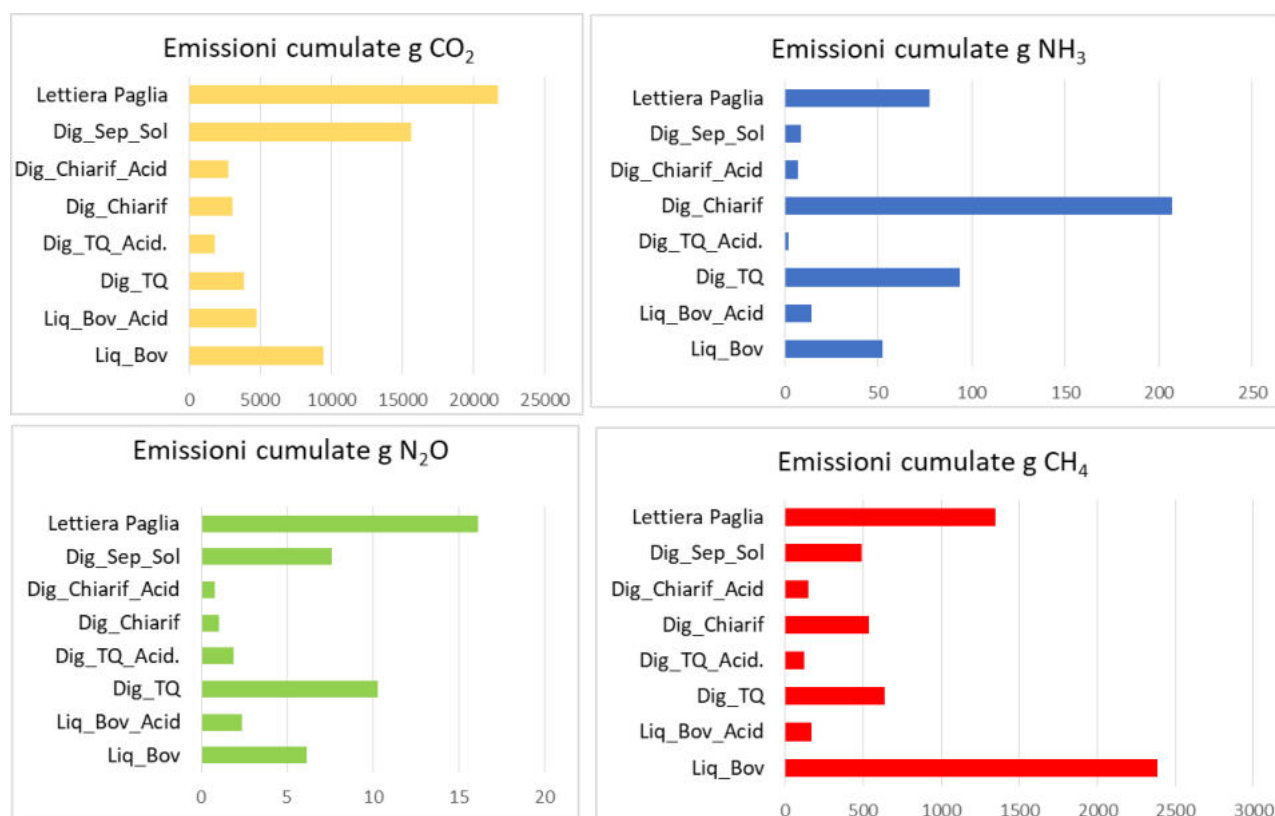


Figura 3 – Emissioni espresse come g di gas emessi dallo stoccaggio pilota durante il periodo di monitoraggio (campagne 2018).

Nel 2019 le matrici in stoccaggio, monitorate e confrontate, sono state:

- liquame bovino;
- liquame bovino additivato con un prodotto a base di rocce calciche e contenente un estratto derivante dalla fermentazione di *AspergillusOryzae*;
- lettiera bovina;
- digestato bovino (derivante da digestione anaerobica degli effluenti aziendali);
- frazione solida del digestato bovino (derivante dal trattamento di separazione solido/liquido);
- frazione chiarificata del digestato bovino (derivante dal trattamento di separazione solido/liquido);
- frazione chiarificata del digestato bovino additivata con un prodotto a base di rocce calciche e contenente un estratto derivante dalla fermentazione di *AspergillusOryzae*;

- frazione chiarificata acidificata del digestato bovino (derivante dal trattamento di separazione solido/liquido addizionata con acido per abbassare il pH al valore di 6).

L'integrazione nel tempo delle emissioni rilevate durante le 6 sessioni (mg gas/m²/ora), sull'intero periodo di monitoraggio (23/05/2019 - 02/08/2019), ha permesso di quantificare le emissioni cumulate (g di gas emesso) da ciascun stoccaggio pilota nei 69 giorni di test.

In

Figura 4 si riportano i risultati ottenuti durante il 2019 dal monitoraggio delle emissioni dalle diverse matrici stoccate.

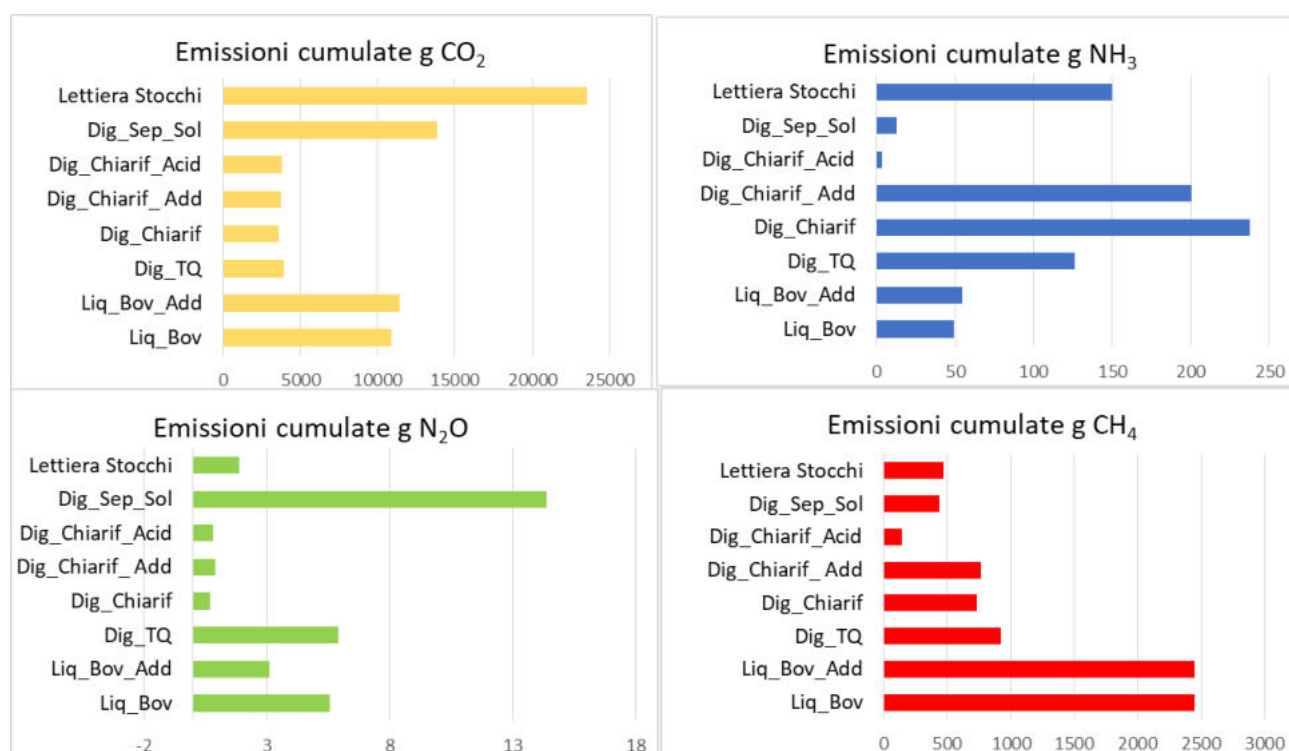


Figura 4 - Emissioni espresse come g di gas emessi dallo stoccaggio pilota durante il periodo di monitoraggio (campagne 2019).

Nel 2020 le matrici in stoccaggio, monitorate e confrontate, sono state:

- liquame bovino;
- lettiera bovina;
- digestato bovino (derivante da digestione anaerobica degli effluenti aziendali);
- frazione solida del digestato bovino (derivante dal trattamento di separazione solido/liquido);
- frazione chiarificata del digestato bovino (derivante dal trattamento di separazione solido/liquido);
- frazione chiarificata acidificata del digestato bovino (derivante dal trattamento di separazione solido/liquido addizionata con acido per abbassare il pH al valore di 6,5);
- frazione chiarificata acidificata del digestato bovino (derivante dal trattamento di separazione solido/liquido addizionata con acido per abbassare il pH al valore di 7).
- frazione chiarificata del digestato bovino con 5 cm di LECA come copertura superficiale dello stoccaggio.

L'integrazione nel tempo delle emissioni rilevate durante le 6 sessioni (mg gas/m²/ora), sull'intero periodo di monitoraggio (08/06/2020 – 05/08/2020), ha permesso di quantificare le emissioni cumulate (g di gas emesso) da ciascun stoccaggio pilota nei 58 giorni di test.

In *Figura 5* si riportano i risultati ottenuti durante il 2020 dal monitoraggio delle emissioni dalle diverse matrici stoccate.

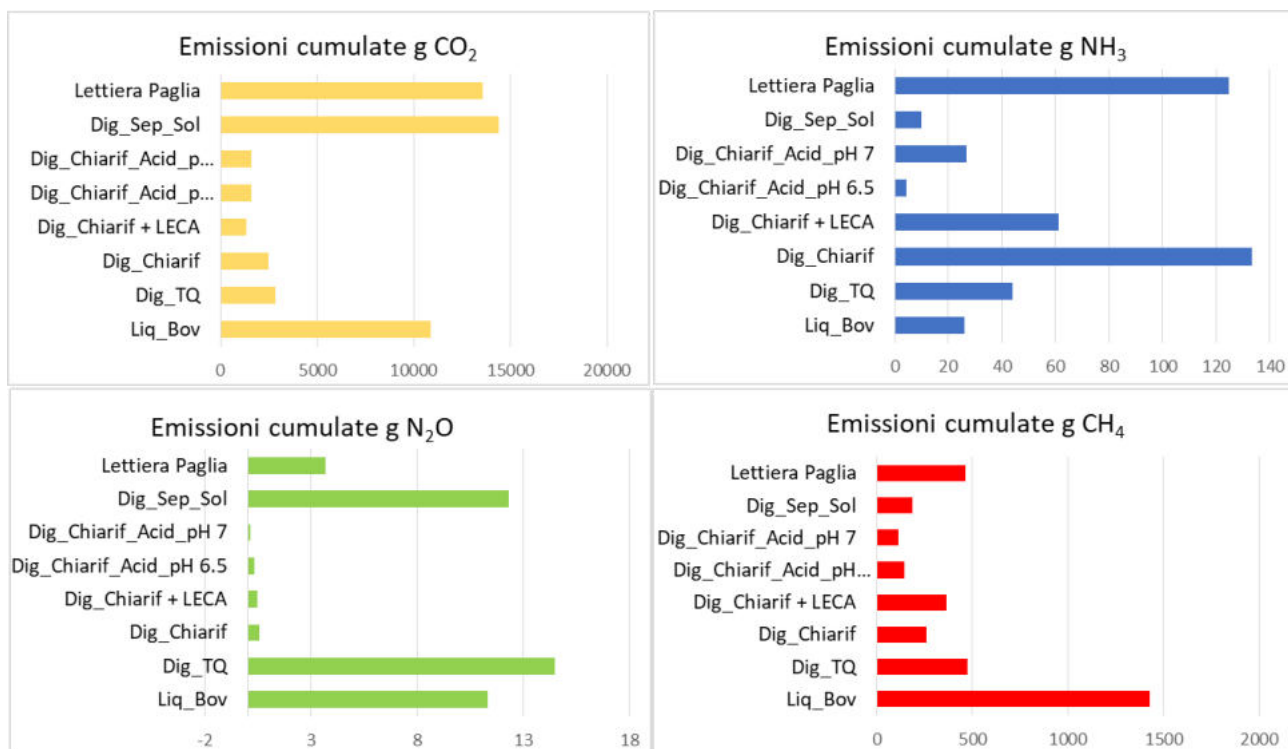


Figura 5 - Emissioni espresse come g di gas emessi dallo stoccaggio pilota durante il periodo di monitoraggio (campagne 2020).

In sintesi si riportano in *Figura 6* e

Figura 7 i fattori medi di emissione dalla fase di stoccaggio, relativamente ad anidride carbonica, metano, protossido d'azoto ed ammoniaca, per le principali matrici oggetto di monitoraggio ed espressi in g di gas per m² di stoccaggio per giorno.

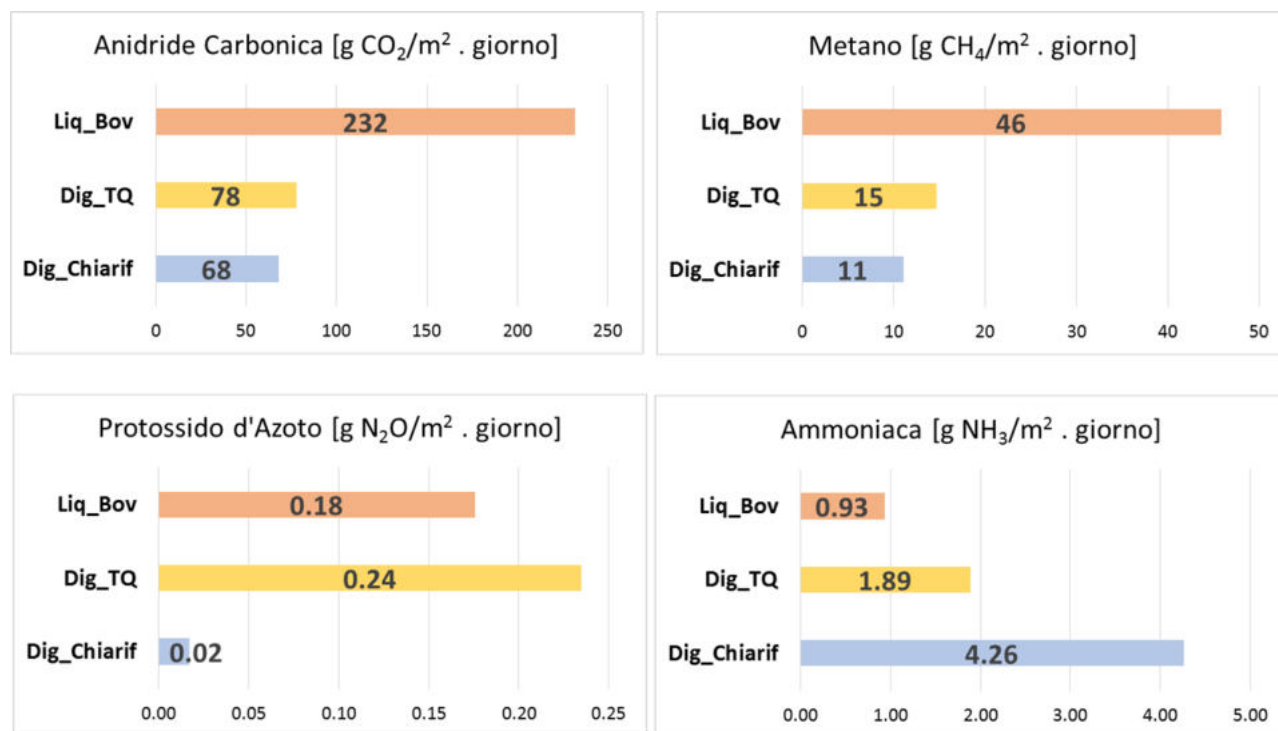


Figura 6 – Fattori emissivi dalla fase di stoccaggio delle matrici liquide [g gas/m² · giorno].

La digestione anaerobica ha permesso di ridurre significativamente le emissioni di metano dalla fase di stoccaggio del digestato da 46 a 15 g CH₄/m² · giorno (-68%) rispetto allo stoccaggio del liquame tal quale, incrementando però quelle di protossido d'azoto da 0,18 a 0,24 (+34%). Nel complesso la digestione anaerobica riduce le emissioni di gas serra di 855 g CO₂eq/m²·giorno rispetto allo stoccaggio del liquame non digerito (*Figura 6*).

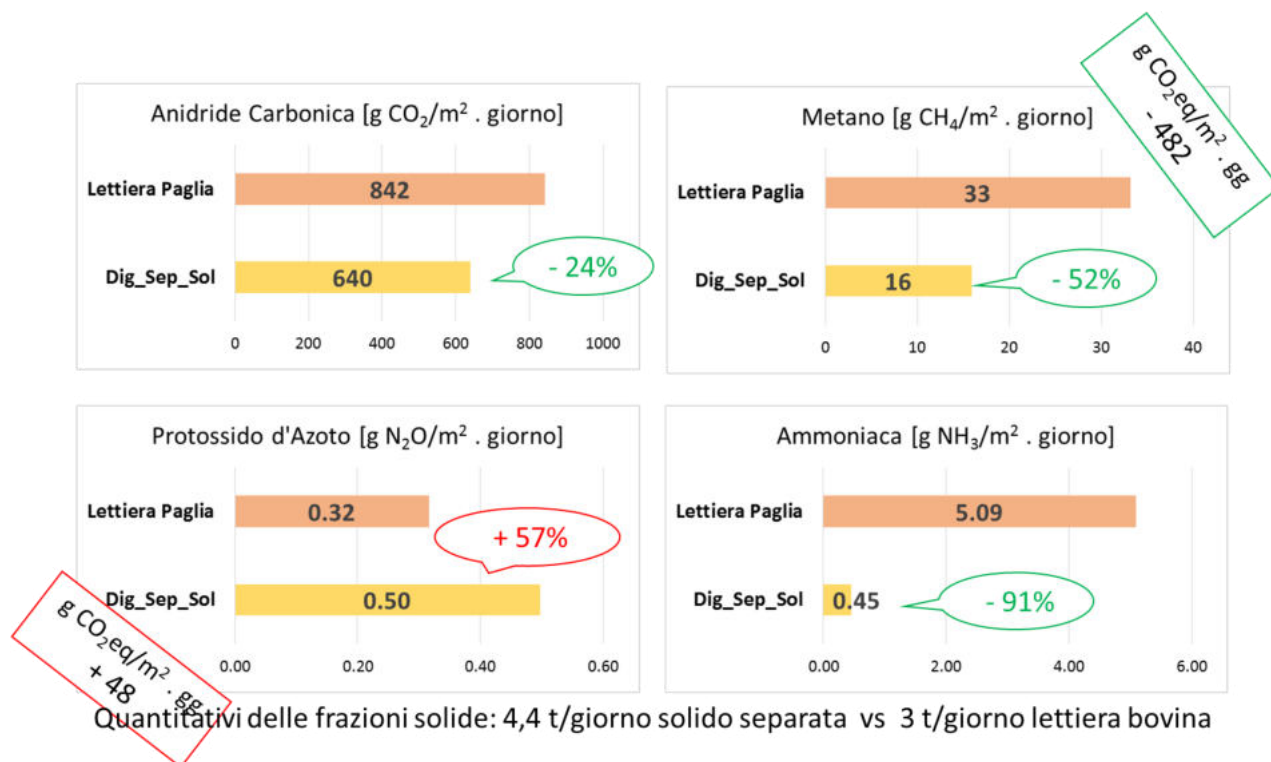
Tuttavia lo stoccaggio del digestato ha presentato criticità per le emissioni ammoniacali incrementate da 0,93 a 1,89 g NH₃/m² · giorno (+99%). La digestione anaerobica da un lato ha il pregio di ridurre, stabilizzare e valorizzare la sostanza organica presente negli effluenti zootecnici, trasformandola in biogas, così da ridurre le emissioni di metano dallo stoccaggio, dall'altro, durante la digestione della sostanza organica, parte dell'azoto organico viene mineralizzato in azoto ammoniacale ed il pH aumenta (*Tabella 8*), fattori questi che aumentano la potenzialità emissiva per il protossido d'azoto e l'ammoniaca.

Sottoponendo il digestato tal quale al trattamento di separazione meccanico solido-liquido (S/L), vengono ulteriormente ridotte le emissioni di metano dallo stoccaggio della frazione chiarificata da 46 a 11 g CH₄/m² · giorno (-76%) rispetto al liquame bovino non digerito e quasi azzerate (0,02 g N₂O/m²·giorno) quelle di protossido d'azoto, con un bilancio complessivo per i gas serra che sale a 1.013 g CO₂eq/m²·giorno evitati rispetto allo stoccaggio del liquame tal quale.

Anche la frazione solida del digestato derivante dal processo di separazione solido-liquido (

Figura 7) risulta meno emissiva per il metano (-52%) e per l'ammoniaca (-91%). Le emissioni di protossido d'azoto risultano incrementate del 57% in quanto il materiale in stoccaggio essendo maggiormente poroso innesca processi aerobici di nitrificazione e trasformazione dell'azoto.

Tuttavia il bilancio in termini di $\text{g CO}_2\text{eq/m}^2 \cdot \text{giorno}$ rispetto allo stoccaggio della lettiera non digerita risulta ampiamente favorevole: $482 \text{ g CO}_2\text{eq/m}^2 \cdot \text{giorno}$ evitati dalle minori emissioni di



metano (passate da 33 a $16 \text{ g CH}_4/\text{m}^2 \cdot \text{giorno}$) rispetto ai $48 \text{ g CO}_2\text{eq}/\text{m}^2 \cdot \text{giorno}$ prodotti dalle maggiori emissioni di protossido d'azoto (passate da 0,32 a 0,50) $\text{g N}_2\text{O}/\text{m}^2 \cdot \text{giorno}$.

Figura 7 – Fattori emissivi dalla fase di stoccaggio delle matrici solide [$\text{g gas}/\text{m}^2 \cdot \text{giorno}$].

La separazione S/L, segregando il materiale fibroso e parte dei solidi nella frazione palabile del digestato, evita il formarsi della crosta nello stoccaggio della frazione liquida chiarificata e può così risolvere la problematica delle emissioni di protossido d'azoto riscontrata sullo stoccaggio del digestato tal quale. Il monitoraggio ha messo in evidenza una correlazione diretta tra le emissioni di protossido d'azoto e lo spessore della crosta sugli stoccaggi. Nella crosta si creano zone aerobiche alternate a zone anossiche che favoriscono l'originarsi di N_2O , molecola gassosa che si può formare nel processo naturale di nitrificazione-denitrificazione. L'eliminazione della crosta dagli stoccaggi ha risolto la problematica delle emissioni di protossido d'azoto, ma nel contempo ha ulteriormente incrementato le emissioni ammoniacali dalla frazione chiarificata del digestato.

Ulteriore obiettivo di Digestato&Emissioni è stato pertanto quello di valutare possibili soluzioni, alternative alla soluzione della copertura fissa degli stoccaggi già adottata dalle aziende del GOI, per ridurre anche questa criticità emissiva. Le soluzioni indagate hanno riguardato sia l'acidificazione del digestato con acido solforico (H_2SO_4), che la copertura superficiale dello stoccaggio con uno strato di argilla espansa (5 cm di spessore con LECA di granulometria 8/20 mm e densità $320 \text{ kg}/\text{m}^3$), che l'additivazione con un prodotto contenente estratto di *Aspergillus oryzae* e rocce calciche. Per quanto riguarda l'acidificazione sono stati testati tre dosaggi al fine di abbassare il pH del digestato dal valore originario di 7,8 a quello di 7,0, 6,5 e 6,0, che hanno richiesto rispettivamente l'aggiunta di dosi di acido pari a 5,5, 7,6 e 10,1 litri per m^3 di digestato chiarificato avviato a stoccaggio.

In *Figura 8* si riportano le emissioni di ammoniaca, protossido d'azoto, anidride carbonica e metano dallo stoccaggio della frazione chiarificata del digestato in seguito alle diverse tecniche di mitigazione adottate e monitorate dal Gruppo Operativo.

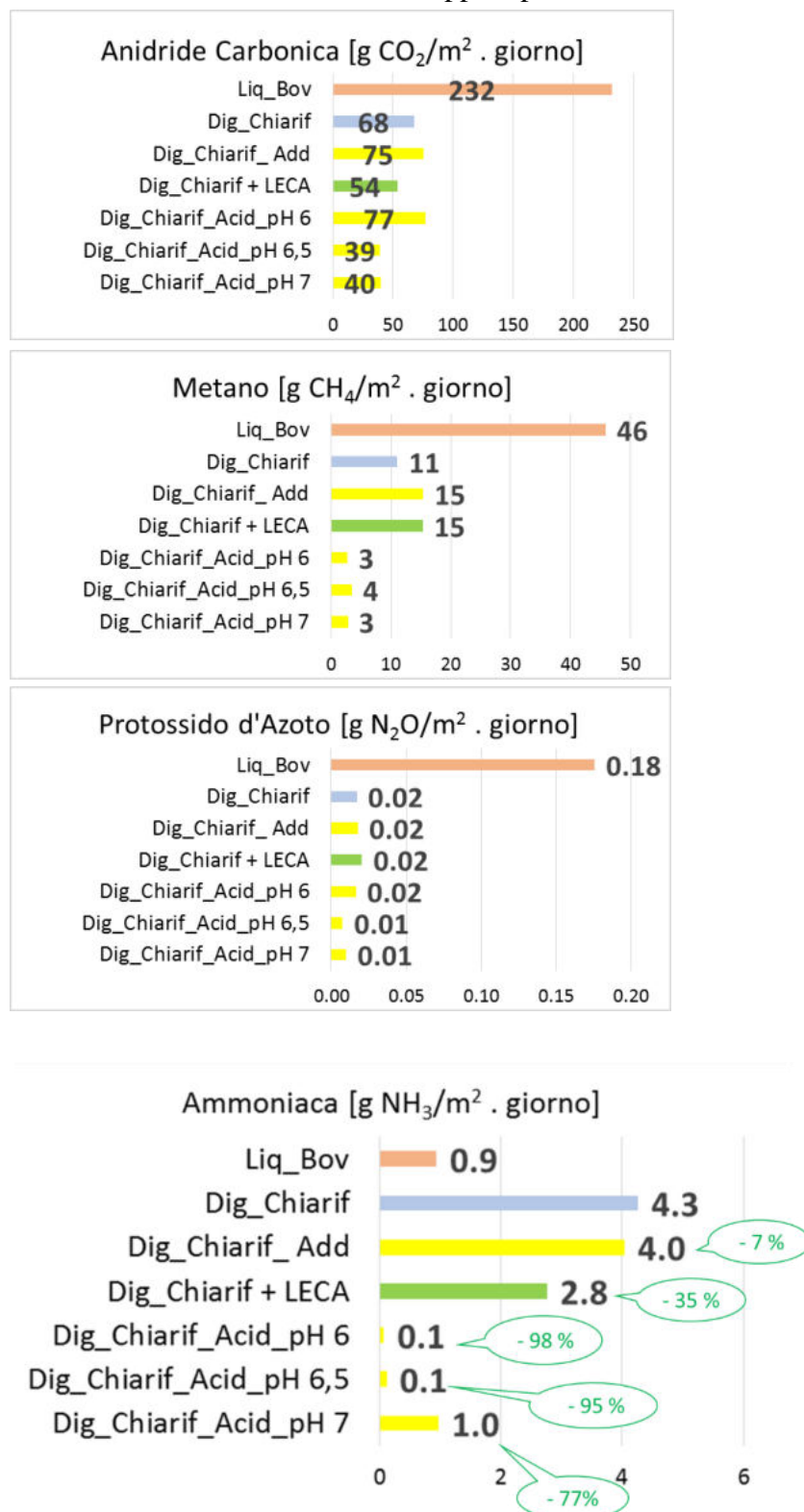


Figura 8 – Emissioni medie giornaliere di ammoniaca, protossido d'azoto e metano per metro quadro di stoccaggio delle matrici liquide in base alle diverse tecniche di mitigazione adottate.

La frazione chiarificata del digestato non ha evidenziato alcuna criticità dal punto di vista emissivo, rispetto al liquame bovino tal quale, sia per il protossido d'azoto che per l'anidride carbonica.

Nel terzo grafico di

Figura 8 si riportano le emissioni di ammoniaca dallo stoccaggio della frazione chiarificata del digestato in seguito alle diverse tecniche di mitigazione adottate e la riduzione percentuale delle emissioni raggiunta, rispetto allo stoccaggio del digestato chiarificato non trattato.

La tecnica dell'additivazione e dell'utilizzo di LECA in copertura non influiscono sulle emissioni di metano, mentre hanno ridotto rispettivamente del 7 e del 35% le emissioni di ammoniaca.

L'acidificazione del digestato è risultata una tecnica efficace nel ridurre le emissioni ammoniacali già a pH pari a 7 (riduzione del 77% rispetto allo stoccaggio della frazione chiarificata del digestato), e può essere una tecnica valida nei casi in cui non sia possibile operare con altri tipi di interventi, come la copertura dello stoccaggio.

Esistono, tuttavia, problematiche derivanti dall'applicazione a scala reale di tale soluzione: in una azienda agricola l'utilizzo di acidi forti comporta particolari attenzioni, sia per la sicurezza degli operatori che delle attrezzature.

L'acidificazione comporta una ulteriore riduzione delle emissioni di metano della frazione acidificata rispetto a quella non acidificata.

E per quanto riguarda gli odori?

Oltre alla sostenibilità ambientale garantita da una corretta gestione degli effluenti, anche la sostenibilità sociale dell'allevamento riveste un ruolo non trascurabile. Un importante indicatore per questo aspetto è il grado di molestia olfattiva che i liquami e letami possono generare.

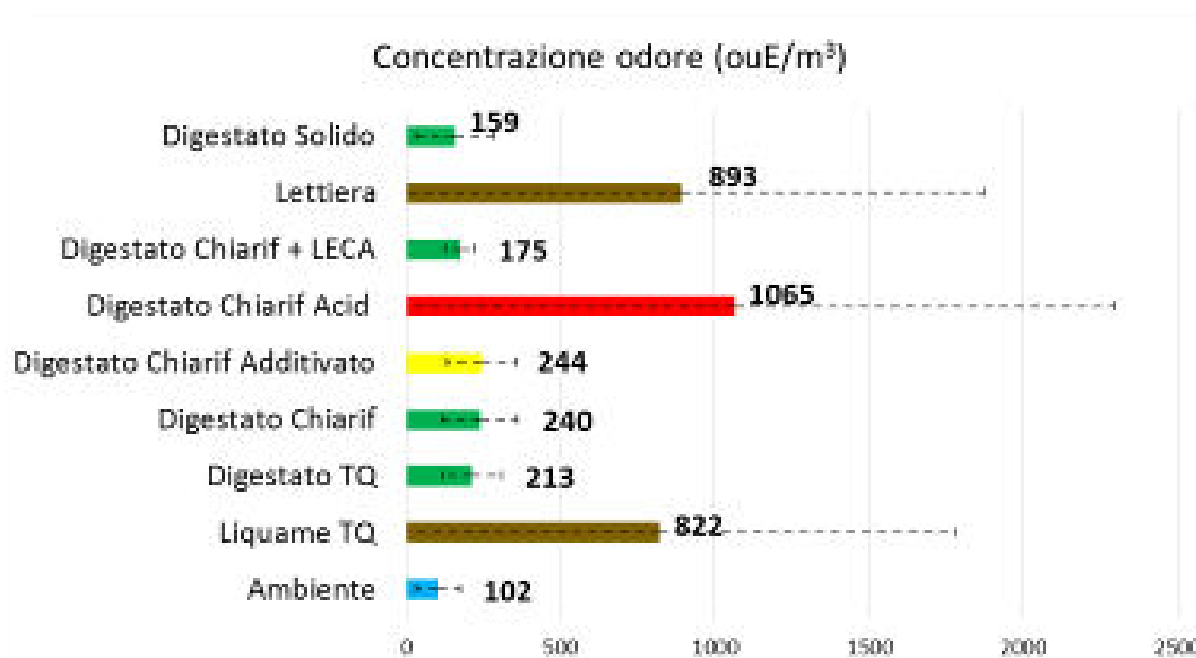


Figura 9 - Concentrazione di odore (espressa in unità odorimetriche europee per m³) determinata con Olfattometria Dinamica in conformità con la norma UNI EN 13725:04 (in tratteggio Dev.St).

La digestione anaerobica, grazie alla trasformazione della sostanza organica maggiormente fermentescibile in biogas valorizzato energeticamente, ha dimostrato un positivo effetto nel ridurre l'impatto odorigeno degli effluenti zootecnici. Sia la concentrazione di odore rilevata dalla fase di stoccaggio del digestato tal quale (213 ouE/m³) che delle relative frazioni chiarificate e palabili (159 – 240 ouE/m³) è risultata minore rispetto agli effluenti di origine, quali il liquame e la lettiera bovina (822 – 893 ouE/m³), e con valori prossimi a quelli riscontrati nei piazzali circostanti alla stalla (102 ouE/m³).

Se l'acidificazione del digestato permette di limitare le emissioni ammoniacali, dal punto di vista dell'impatto odorigeno è controproducente, in quanto il trattamento di acidificazione procura al digestato un'impronta olfattiva pungente e caratteristica della sostanza acida utilizzata (1065 vs 240 ouE/m³).

AZIONE 3 – Misura delle emissioni di NH₃ e N₂O in seguito ad utilizzazione agronomica

L'attività del GOI Digestato&Emissioni nel 2018 ha inoltre valutato se e quanto il processo di digestione anaerobica, la tecnica di separazione S/L ed infine l'acidificazione possano ridurre le emissioni in seguito all'utilizzazione agronomica del digestato rispetto al liquame bovino tal quale.

In base ai risultati delle campagne svolte nell'azione 2, si è proceduto allo spandimento agronomico delle quattro matrici risultate più significative ai fini del Piano.

Le matrici distribuite sono state:

- liquame bovino;
- digestato bovino;
- frazione chiarificata del digestato bovino;
- frazione chiarificata acidificata del digestato bovino.

L'attività di campo ha visto lo spandimento superficiale con piatto deviatore del materiale presente nei 4 stocaggi pilota (azione 2) su un medicaio a fine vita, sottoposto a lavorazione e successiva semina nel mese di ottobre di un mix foraggero autunno-vernino (loietto e triticale). Per l'attività di spandimento è stato necessario reperire ed impiegare una botte dalla capienza ridotta (solo 20 quintali) per rendere possibile la distribuzione di piccole quantità di effluente e la completa pulizia della botte tra una distribuzione e quella successiva. La dose prevista allo spandimento è stata quella di 340 kg di azoto per ettaro, essendo il terreno in Zona Non vulnerabile ai Nitrati.

Le quattro matrici sono state distribuite su quattro distinte parcelle. Prima delle attività di spandimento, le matrici sono state caratterizzate dal punto di vista chimico fisico (pH, ST, NTK e N-NH₄⁺) al fine di determinare la dimensione delle parcelle pilota in relazione al tenore di azoto e quantità della matrice a disposizione (*Tabella 9*).

La dimensione media delle 4 parcelle è risultata essere di 43 m².

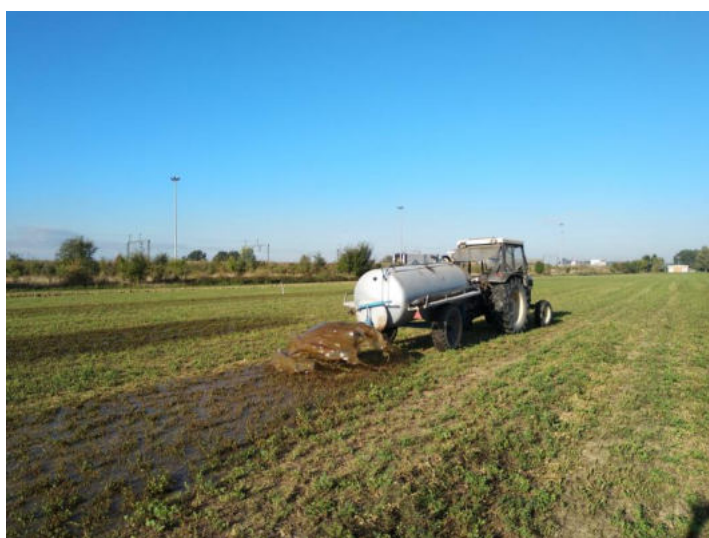


Figura 10 – Operazioni di distribuzione delle 4 matrici con una botte a ridotta capacità, appositamente reperita per le distribuzioni parcellari.

Immediatamente dopo la distribuzione sono state installate le attrezzature per misurare e determinare le emissioni gassose dal suolo.

Per la misura delle emissioni di ammoniaca dalle 4 parcelle, in seguito ad operazioni di fertilizzazione azotata, è stata impiegata una tecnica validata in numerose esperienze a livello internazionale: quella del “tunnel a vento” (Lockyer, 1984; Ryden & Lockyer, 1985). Il “tunnel a vento” è un sistema sviluppato per rilevare emissioni di ammoniaca dal suolo in quanto non è possibile misurare le emissioni di tale gas con le camere di saturazione poiché alterano la diffusione del gas dal comparto suolo a quello aria. Il tunnel a vento è costituito da una mini-serra, da appoggiare sulla superficie emittente (terreno), connessa a una tubazione in cui alloggia il ventilatore, che consente di forzare ed estrarre dalla mini-serra un flusso d'aria da cui viene poi prelevata un'aliquota da analizzare. Il principio di funzionamento del dispositivo è quello di creare, sulla superficie di emissione, un flusso d'aria a velocità controllata e nota, e di campionare l'aria in ingresso e in uscita dal tunnel, per determinare in essa la concentrazione di ammoniaca. Rispetto ad altri campionatori a camera di volatilizzazione completamente chiusa, il tunnel offre il vantaggio di alterare il meno possibile le condizioni microclimatiche normalmente incontrate in campo.

Le emissioni di ammoniaca sono state rilevate nei 7 giorni successivi allo spandimento, con particolare frequenza di analisi nelle prime 48 ore. In figura *Figura 11* e *Figura 12* si riporta l'andamento, rilevato durante il monitoraggio, delle emissioni ammoniacali in seguito allo spandimento.

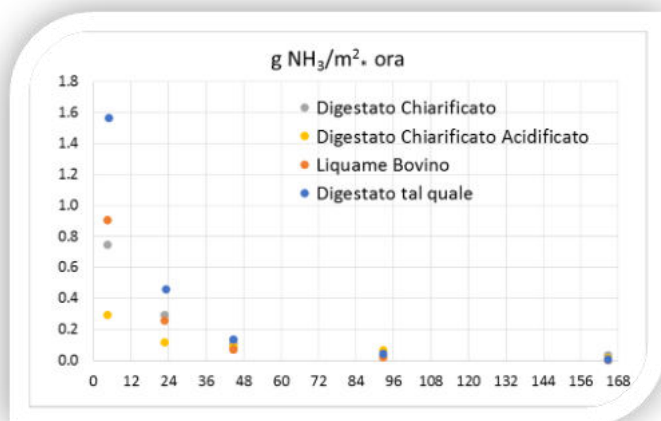


Figura 11 – Trend delle emissioni di ammoniaca rilevate nelle ore a seguire le operazioni di spandimento per ciascuna delle 4 tesi indagate.

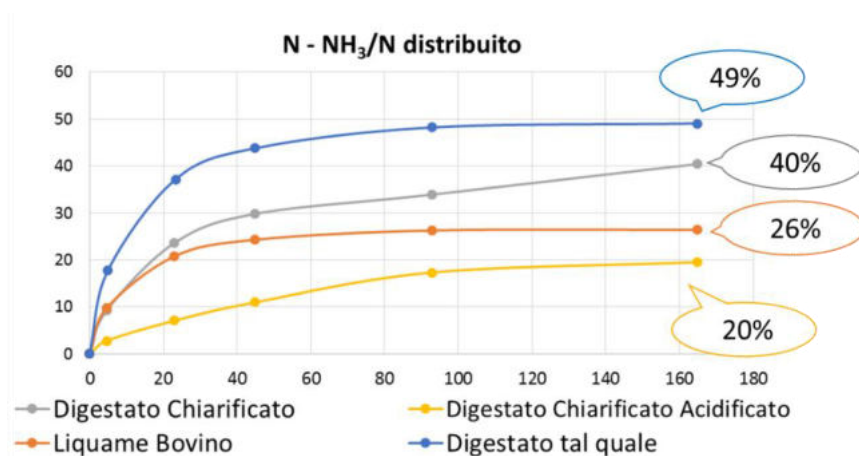


Figura 12 – Emissioni ammoniacali cumulate espresse come % di N ammoniacale perso rispetto alla dose N applicata per ettaro.

Per la misura delle emissioni di gas serra (metano e protossido d'azoto) si è adottata la tecnica definita “static chamber method”, come già illustrato nella precedente azione, con misura della concentrazione dei gas mediante analizzatore fotoacustico (INNOVA Lumasense mod. 1412). Invece delle camere a base quadrata, caratterizzate da un elevato volume dello spazio di testa, sono state utilizzate camere a sezione circolare (diametro 0.45 m con altezza 0.5 m) di minor volume, essendo il tasso di emissività dal suolo minore.

La misura dei gas serra è stata condotta in triplice ripetizione su ogni parcella.

Sono state effettuate 8 sessioni di monitoraggio nel corso dei due mesi seguenti allo spandimento.

Le emissioni di metano dal suolo, in seguito allo spandimento di effluenti zootecnici *post* fase di stoccaggio, sono risultate nulle essendo il terreno in condizioni non anossiche.

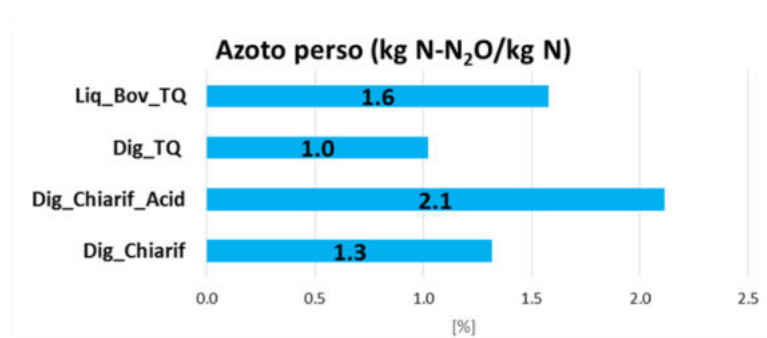






Figura 13 – Emissioni cumulative di protossido d'azoto espresse come % di N-N₂O perso rispetto alla dose N applicata per ettaro.

Lo spandimento del digestato, rispetto al liquame tal quale, da un lato ha evidenziato una leggera riduzione delle emissioni di protossido d'azoto (1,0 vs 1,6), dall'altro un incremento delle emissioni ammoniacali (49,1 vs 26,4) (Tabella 9).

La separazione S/L in parte riduce la problematica in quanto il digestato chiarificato, meno viscoso, viene incorporato più velocemente dal terreno, ma è col trattamento di acidificazione che si ottengono i benefici maggiori. Quest'ultima, in definitiva, risulta la tesi meno emissiva con perdite totali dovute ad emissioni azotate del 21,7% dell'azoto distribuito.

Tabella 9 – Emissioni azotate in seguito allo spandimento delle diverse matrici (espresse come % N applicato).

	Q [m ³ /ha]	Dose N [kg N/ha]	TAN [%TKN]	kg N- NH ₃ /kg N distribuito [%]	kg N- N ₂ O/kg N distribuito [%]	Emissioni Totali [%]
Liquame Bovino	132	351	40	26,4	1,6	28,0
Digestato tal quale	127	357	47	49,1	1,0	50,1
Digestato chiarificato	169	305	44	40,4	1,3	41,8
Digestato chiarificato acidificato	146	396	65	19,5	2,1	21,7

Rilievi sul medicaio a fine vita	Rilievi prima della semina del mix foraggero autunno-vernino
	
Rilievi sulla coltura foraggera autunno-vernina	Rilievi sul prato stabile
	

I test condotti nel 2019 e 2020 sono stati invece finalizzati a valutare quanto tecniche innovative di distribuzione potessero ridurre le emissioni dallo spandimento del digestato rispetto ad una tecnica convenzionale quale la distribuzione a tutto campo con piatto deviatore (*Tabella 10*).

Le prove sono state effettuate su un prato stabile nel periodo autunnale (operazioni di spandimento in data 25 ottobre nel 2019 e 26 settembre nel 2020).

Le due tecniche innovative di distribuzione del digestato testate sono state:

- distribuzione in bande con leggero interrimento in solchi creati da dischi assolcatori alla profondità di qualche cm, per non danneggiare il cotico erboso (14 dischi distanziati a circa 30 cm);
- una distribuzione con sistema ombelicale a bande superficiali rasoterra mediante calate (60 calate distanziate circa 25 cm).

Le attività hanno previsto lo spandimento agronomico delle seguenti matrici con le seguenti modalità (

Figura 17):

1. liquame bovino distribuito a spaglio a tutto campo;
2. frazione chiarificata del digestato bovino distribuita a spaglio a tutto campo;
3. frazione chiarificata del digestato bovino distribuita a bande con leggero interrimento;
4. frazione chiarificata del digestato bovino distribuita rasoterra a bande superficiali mediante sistema ombelicale.

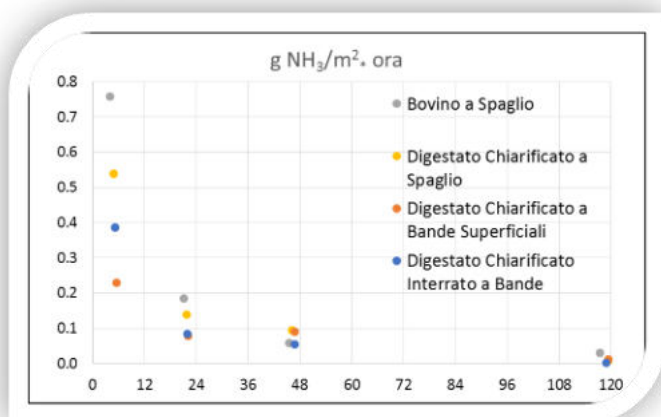


Figura 14 – Trend delle emissioni di ammoniaca rilevate nelle ore a seguire le operazione di spandimento per ciascuna delle 4 tesi indagate.

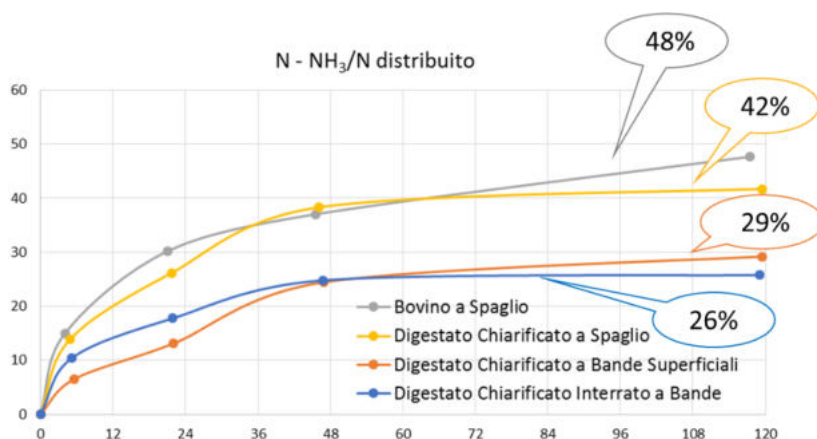


Figura 15 – Emissioni ammoniacali cumulate espresse come % di N ammoniacale perso rispetto alla dose di N applicata per ettaro.

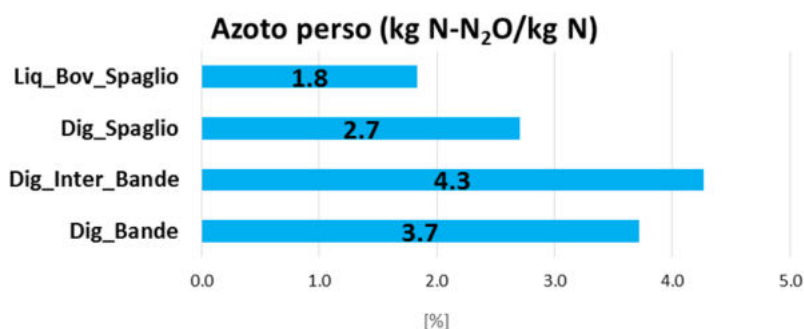


Figura 16 – Emissioni cumulate di protossido d'azoto espresse come % di N-N₂O perso rispetto alla dose di N applicata per ettaro.

Lo spandimento a bande superficiali ha permesso di ridurre le emissioni azotate del 26% rispetto allo spandimento a spaglio (emissioni azotate totali pari al 32,9% dell'azoto distribuito per il digestato chiarificato distribuito in bande superficiali contro il 44,4% per il digestato chiarificato distribuito a spaglio).

La distribuzione con leggero interrimento in bande con dischi assolcatori è risultata leggermente meno emissiva, nel complesso, rispetto a quella superficiale in bande (30% vs 32,9%) anche se ha dimostrato una maggiore emissività relativamente al protossido d'azoto (4,3 vs 3,7). Tuttavia è risultata una tecnica distributiva che ha evidenziato alcune criticità nell'essere applicata su prati stabili, quali la necessità di un terreno in condizioni idonee di umidità per essere assolcato e possibile danneggiamento del cotico erboso.

Tabella 10 – Emissioni azotate in seguito a diverse modalità di spandimento (espresse come % N applicato).

	Q [m ³ /ha]	Dose N [kg N/ha]	TAN [%TKN]	kg N-NH ₃ /kg N distribuito [%]	kg N-N ₂ O/kg N distribuito [%]	Emissioni Totali [%]
Liquame Bovino a Spaglio	45	170	52%	48	1,8	49,8
Digestato chiarificato spaglio	46	156	57%	41,7	2,7	44,4
Digestato chiarificato bande superficiali	48	163	57%	29,2	3,7	32,9
Digestato chiarificato bande interrate	47	159	57%	25,8	4,3	30,1



Figura 17 – Tre diverse modalità di applicazione del digestato: a sinistra a spaglio su tutto campo, al centro mediante leggero interrimento con dischi assolcatori e a destra distribuzione a bande superficiali con sistema ombelicale

Bilancio delle emissioni

L'effetto dei vari trattamenti sul bilancio complessivo delle emissioni è illustrato in

Figura 18 (ammoniacali sulla sinistra e gas serra sulla destra).

Le emissioni di protossido d'azoto e di metano dalla fase di stoccaggio e spandimento sono state convertite in g CO₂eq e riferite al m³ di liquame bovino tal quale avviato ai diversi trattamenti. Per il protossido d'azoto è stato utilizzato il fattore di conversione GWP (Global Warming Potential) di 265, mentre per il metano quello di 28 volte il potenziale della CO₂, come contributo che questi gas apportano all'effetto serra.

La digestione anaerobica è in grado di ridurre del 59% le emissioni di gas serra (46 vs 113 kgCO₂-eq/m³), espresse come kgCO₂-eq riferite al m³ di liquame bovino tal quale in uscita dalla stalla. Se alla digestione anaerobica si affianca la separazione solido-liquido, le emissioni di gas serra dalla frazione chiarificata del digestato si riducono del 71% rispetto al liquame bovino tal quale (31 vs 113 kgCO₂-eq/m³).

Il digestato, tuttavia, per il maggior tenore di azoto ammoniacale, il pH più elevato rispetto al liquame e la minor capacità di formare la crosta superficiale, è soggetto a maggiori perdite di ammoniaca in atmosfera rispetto al liquame bovino (+94%) sia in fase di stoccaggio che di spandimento agronomico.

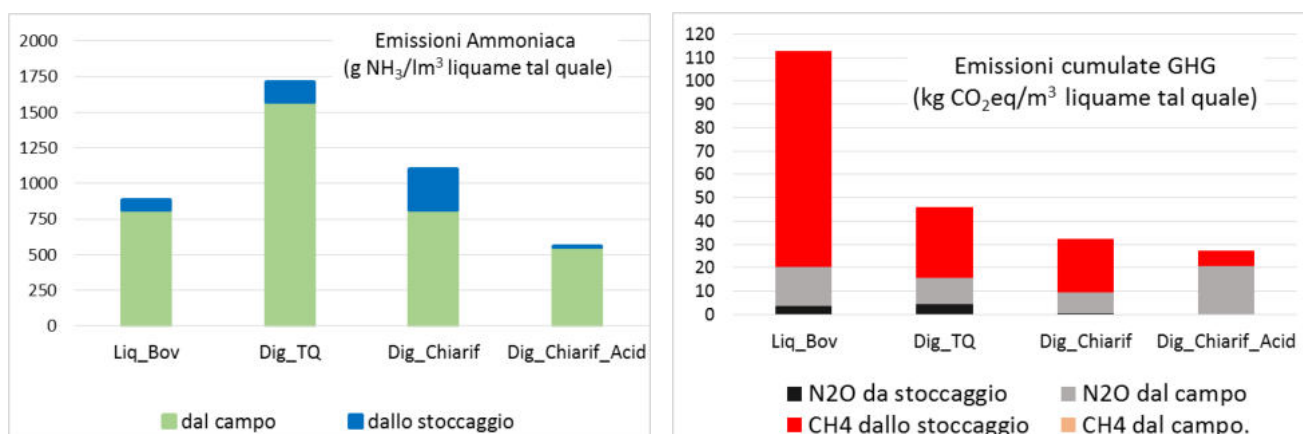


Figura 18 – Bilancio complessivo delle emissioni dalla fase di stoccaggio e distribuzione agronomica del liquame bovino tal quale e del liquame bovino sottoposto ai vari trattamenti.

AZIONE 4 – LCA del cantiere di lavoro convenzionale e ottimizzato

La sostenibilità ambientale delle aziende partner del GO è stata esaminata mediante la quantificazione della impronta carbonica (Carbon Footprint, CFP) associata alla produzione del latte, con un approccio di ciclo di vita (Life Cycle Assessment, LCA).

Con questo si intende la stima del complesso delle emissioni di gas serra, sia quelle che avvengono in stalla e nella fase di coltivazione dei terreni, che anche quelle che avvengono a monte dell'azienda, indotte dalla produzione dei mezzi tecnici utilizzati. Nel bilancio vanno poi considerate sia le emissioni prodotte che quelle evitate in conseguenza all'introduzione dell'impianto di digestione anaerobica.

Per valutare il beneficio indotto dalla presenza dell'impianto di biogas gli impatti sono stati messi a confronto con quelli delle stesse aziende nella situazione ex-ante, quando non avevano adottato questa opzione impiantistica.

Unità funzionale

Gli impatti sono stati quantificati con riferimento al prodotto che caratterizza le aziende: il latte, ossia si sono calcolate le emissioni di gas serra, in kg di CO₂ equivalente, per la produzione di 1 kg di latte, standardizzato per tenore di grasso e proteina.

Dal momento, tuttavia, che le aziende producono anche energia elettrica rinnovabile con il biogas, l'impronta carbonica è stata anche calcolata con riferimento alla sola fase di produzione energetica, in kg CO₂-eq emessi per la produzione di 1 kWh al netto degli autoconsumi.

Confini del sistema

I "confini del sistema" sono diversi nei due casi (Figura 19): nel primo sono inclusi tutti i processi coinvolti nella produzione del latte, compresa la produzione di energia, che deriva direttamente dagli effluenti di allevamento, mentre nel secondo sono inclusi solo i processi coinvolti nella produzione di energia, a partire dalle biomasse alimentate al digestore (gli effluenti di allevamento), ma escludendo le emissioni della stalla e delle colture utilizzate per la alimentazione degli animali.

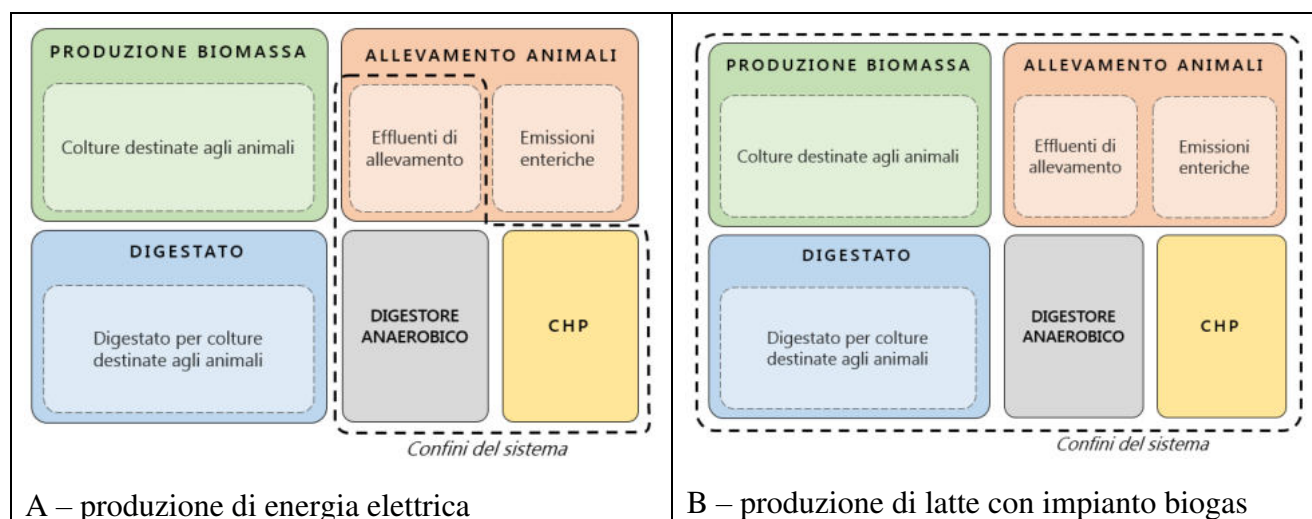


Figura 19 – Confini del sistema per la produzione di energia elettrica (A) e per la produzione di latte (B) con impianto aziendale di biogas.

I dati aziendali necessari per il calcolo della impronta carbonica sono quelli raccolti nella Azione 1 e fanno riferimento a: numero di capi per le diverse fasi produttive, produzioni (latte, carne), razione alimentare, consumi idrici, consumi energetici, modalità di stabulazione delle diverse

categorie bovine, modalità di gestione degli effluenti zootecnici, gestione degli animali morti e dei rifiuti, trasporti, strutture edilizie e mezzi tecnici. Oltre a questi dati, per le produzioni foraggere impiegate in azienda come alimenti per il bestiame, la metodologia di rilievo prevede l'analisi dettagliata dei seguenti aspetti: coltivazioni praticate e relative superfici, produttività delle colture, lavorazioni effettuate e macchine agricole utilizzate, consumi idrici, consumi energetici, tipo e quantità di fertilizzanti di sintesi e di effluenti di allevamento applicati, tipo e quantità di agrofarmaci e di sementi utilizzati.

Dal momento che una azienda zootecnica è costituita da una componente essenzialmente zootecnica (la stalla) e da una agronomica (le colture) completamente interconnesse fra loro, per l'approccio metodologico da utilizzare nel calcolo della Carbon Footprint si sono prese a riferimento due linee guida, una relativa alla produzione di latte fresco e l'altra relativa alla produzione di colture foraggere:

- PCR 2013:16, Version 2.02 del 29-05-2017 (Product Category Rules, in accordo con le norme ISO 14025:2006) riferita alla categoria di prodotto "Raw milk",
- PCR 2013:05, Version 1.01 del 21-02-2014 (Product Category Rules, in accordo con le norme ISO 14025:2006) riferita alla categoria di prodotto "Arable Crops".

Sulla base delle indicazioni delle citate linee guida sono stati inclusi nei confini del sistema i seguenti input/output e osservate le seguenti metodologie operative:

- La produzione dei mezzi tecnici impiegati in stalla (mangimi e integratori alimentari, foraggi acquistati, lettiere, carburanti e lubrificanti, detergenti, sanificanti, farmaci) e degli animali acquistati.
- La produzione dei mezzi tecnici impiegati in campagna (sementi, fertilizzanti, diserbanti, fitofarmaci, carburanti e lubrificanti).
- I consumi di carburante relativi al trasporto in azienda dei mezzi tecnici dall'ultimo fornitore presso cui si serve abitualmente l'azienda agricola.
- La coltivazione dei foraggi e delle materie prime autoprodotti in azienda, includendo gli impatti dovuti alla produzione e applicazione dei fertilizzanti, alla utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento e dei digestati, alla produzione e consumo di carburanti per le operazioni meccaniche eseguite in azienda relativamente a: lavorazioni del terreno, semina, distribuzione di fertilizzanti ed effluenti di allevamento, eventuali trattamenti diserbanti e fitosanitari, irrigazione, eventuali operazioni di fienagione, raccolta, trasporto del prodotto al centro aziendale,
- Le emissioni enteriche di CH₄, stimate secondo la metodologia e i fattori di emissione IPCC 2006
- Le emissioni di CH₄ dalla gestione delle deiezioni, stimate secondo la metodologia e i fattori di emissione IPCC 2006
- Le emissioni dirette di N₂O dalla gestione delle deiezioni, stimate secondo la metodologia e i fattori di emissione di IPCC 2006. Per il valore di produzione di effluenti e di N escreti si sono adottati i fattori di escrezione riportati nel Regolamento regionale 15 dicembre 2017, N.3 della Regione Emilia-Romagna.
- Le emissioni indirette di N₂O dalla gestione delle deiezioni vengono stimate utilizzando la metodologia IPCC 2006, che considera le emissioni indirette di N-N₂O pari a 1% delle perdite di N sotto forma di emissioni di N-NH₃+N-NO, che si hanno nella fase di ricovero degli animali e di stoccaggio degli effluenti.
- I consumi di energia relativi alle operazioni di stalla,

- I consumi idrici relativi alle operazioni di stalla e alle operazioni agricole.
- Le emissioni dirette di N₂O dalle fertilizzazioni sono state stimate con la metodologia IPCC 2006, che considera le emissioni dirette di N-N₂O pari a 1% dell'azoto distribuito con i fertilizzanti organici e minerali e riportato al suolo dai residui colturali.
- Le emissioni indirette di N₂O dalle fertilizzazioni sono state stimate utilizzando la metodologia IPCC 2006, che considera le emissioni indirette di N-N₂O pari a 1% delle perdite di N sotto forma di emissioni di NH₃+NO, dovute ai fertilizzanti azotati applicati (sia minerali che organici), e pari a 0.75% delle perdite di N sotto forma di rilasci azotati come percolazione + ruscellamento. Le emissioni di NH₃ dalla applicazione dei fertilizzanti vengono stimate in base ai fattori di emissione EMEP/EEA 2013 (3.D Crop production and agricultural soils). Le emissioni di N sotto forma di nitrati per percolazione + ruscellamento vengono stimate utilizzando il fattore di emissione IPCC 2006, pari al 30% di N applicato.
- Le emissioni di CO₂ dovute all'applicazione dell'urea vengono quantificate in accordo con la metodologia IPCC 2006.
- I rifiuti e il loro scenario di smaltimento (discarica o incenerimento, assumendo per i rifiuti destinati a riciclo solo il trasporto allo smaltitore senza assegnare impatto al processo di riciclo). Gli animali morti in stalla vengono assimilati a rifiuti, per i quali è necessario lo smaltimento.

La categorizzazione dei risultati per fasi emissive rilevanti nelle aziende bovine da latte è schematizzata in Tabella 11.

Tabella 11 - Descrizione delle fonti di impatto considerate nel calcolo della impronta del carbonio del latte vaccino.

Emissioni enteriche di CH ₄	Emissioni di CH ₄ dalla fermentazione ruminale dei bovini presenti in allevamento
Emissioni da gestione effluenti/digestato	Emissioni di CH ₄ e N ₂ O dai sistemi di gestione degli effluenti in azienda, suddivisi fra liquame e letame
Alimenti aziendali	Emissioni di N ₂ O a seguito della fertilizzazione azotata delle colture, sia con fertilizzanti sintetici che con fertilizzanti organici (effluenti di allevamento) Emissioni di CO ₂ per l'utilizzo dei combustibili delle macchine agricole per le operazioni colturali (lavorazioni terreno, semina, fertilizzazioni, diserbi, trattamenti fitosanitari, irrigazione, sfalci, raccolta prodotto) Emissioni di CO ₂ eq per la produzione dei mezzi tecnici: sementi, fertilizzanti, prodotti fitosanitari e diserbanti, combustibili
Alimenti extra-aziendali	Emissioni di CO ₂ per la produzione e il trasporto all'azienda degli alimenti e dei mangimi acquistati (da banca dati)
Energia in stalla	Emissioni di CO ₂ per la produzione e l'utilizzo delle fonti energetiche utilizzate nella stalla
Trasporto mezzi tecnici	Emissioni di CO ₂ eq per il trasporto all'azienda dei mezzi tecnici: sementi, fertilizzanti, prodotti fitosanitari e diserbanti, combustibili, lettiera, energia elettrica, acqua, farmaci, detergenti e sanificanti, etc.
Produzione di energia da fonti rinnovabili	Emissioni di CO ₂ evitate per la produzione di energia elettrica da biogas o da fotovoltaico

I risultati dell'impronta carbonica del latte per le due aziende, prima e dopo la realizzazione dell'impianto di biogas, sono mostrati in Figura 20. La impronta carbonica di 1 kg di latte per le due aziende del GO è scesa da 1,3 a 1,1 kgCO₂-eq/kg latte per l'azienda Barba e da 1,1 a 0,9 kgCO₂-eq/kg latte per l'azienda Pedrotti, ossia la digestione anaerobica ha ridotto l'impronta carbonica del latte di circa il 20%. È un risultato molto significativo se si tiene conto che la maggior parte degli interventi di mitigazione delle emissioni di gas serra è in grado di ridurre l'impatto di pochi punti percentuali.

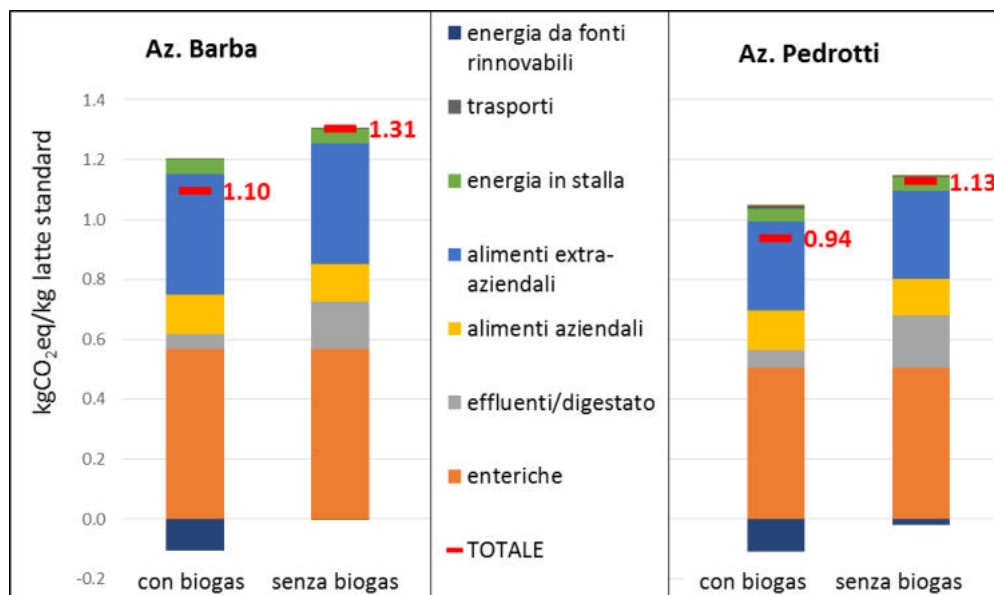
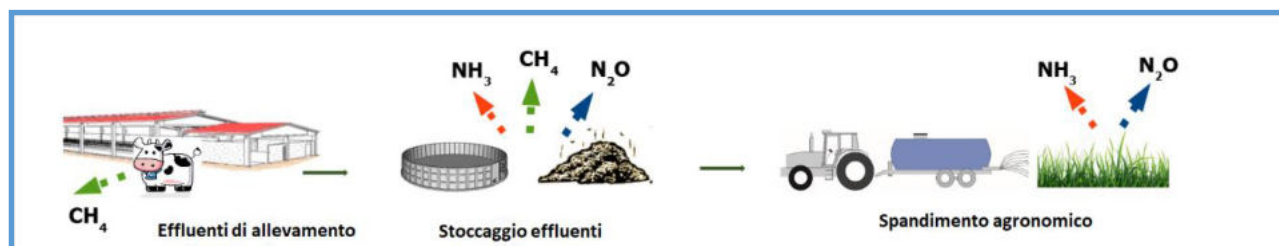


Figura 20 – Impronta carbonica di 1 litro di latte con e senza impianto di biogas.

La voce che ha un peso nettamente preponderante sulle emissioni complessive è costituita dalle emissioni di metano enteriche che costituiscono il 43-45% del totale. La seconda quota per importanza sono le emissioni associate alla produzione degli alimenti acquistati (26-31%) e la terza le emissioni di metano (CH₄) e protossido di azoto (N₂O) dalla gestione degli effluenti (12-15% complessivamente).

L'introduzione dell'impianto di digestione anaerobica modifica la situazione (Figura 21) soprattutto perché:

- evita le emissioni dallo stoccaggio degli effluenti, che vengono immediatamente alimentati all'impianto,
- evita la produzione di energia elettrica da fonte fossile, sostituita da quella rinnovabile.



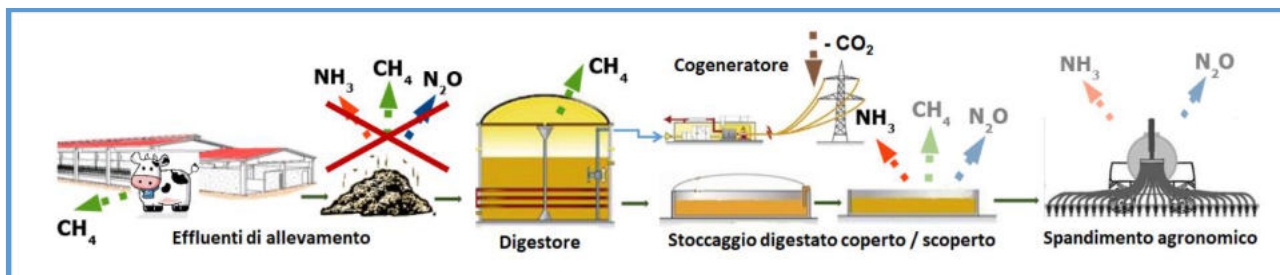


Figura 21 – Scenario senza impianto di biogas e con l'impianto di biogas.

Grazie ai “crediti” di emissioni e, in particolare quelli che derivano dal mancato stoccaggio degli effluenti tal quali, la produzione di 1 kWh nelle due aziende risulta pari a -586 e a -413 g CO₂eq/kWh, ossia comporta emissioni evitate anziché impatto ambientale, dunque “carbon negative” (Figura 22).

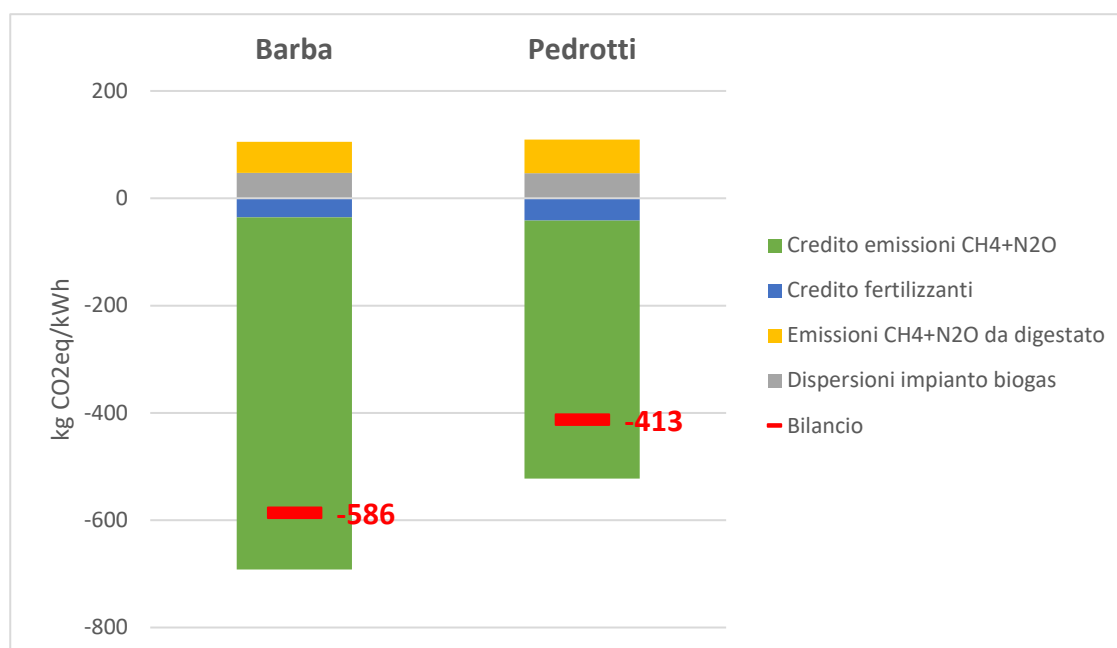


Figura 22 - Impronta carbonica dell'energia elettrica prodotta con il biogas.

Se si tiene conto che la Direttiva europea sulle energie rinnovabili, la RED II, considera sostenibili le bioenergie per la produzione di energia elettrica negli impianti in funzione dal 1° gennaio 2021 al 31 dicembre 2025 se comportano una riduzione delle emissioni di gas serra del 70% rispetto alla corrispondente energia elettrica da fonte fossile (fissata pari a 659 g CO₂eq/kWh), risulta evidente che l'energia elettrica prodotta da impianti di digestione anaerobica alimentati esclusivamente con effluenti di allevamento, come è il caso delle due aziende del GO, è certamente sostenibile con un margine molto ampio.

CONCLUSIONI

Il GO Digestato&Emissioni ha dimostrato che, sia in fase di stoccaggio che di utilizzo agronomico degli effluenti e digestati zootecnici, è possibile ridurre le emissioni di ammoniaca, metano e protossido di azoto adottando buone pratiche.

Gli impianti di biogas a soli effluenti zootecnici permettono di ridurre le emissioni di gas serra in atmosfera (metano e protossido d'azoto) grazie alle emissioni evitate durante la fase di stoccaggio degli effluenti. La digestione anaerobica è infatti in grado di ridurre del 59% le emissioni di gas serra, espresse come kgCO₂-eq, rispetto al m³ di liquame bovino tal quale in uscita dalla stalla. Se alla digestione anaerobica si affianca la separazione solido-liquido, le emissioni dalla frazione chiarificata del digestato si riducono del 71% rispetto al liquame bovino tal quale.

Il digestato, tuttavia, per il maggior tenore di azoto ammoniacale, il pH più elevato rispetto al liquame e la minor capacità di formare la crosta superficiale, è soggetto a maggiori perdite di ammoniaca in atmosfera rispetto al liquame bovino (+94%), sia dalla fase di stoccaggio che di spandimento agronomico.

Per questo motivo devono essere applicate tecniche di mitigazione delle emissioni ammoniacali quali quelle proposte dal Gruppo Operativo: la copertura degli stoccaggi, l'acidificazione del digestato per abbassarne il pH, la valorizzazione agronomica del digestato a fini fertilizzanti impiegando tecniche di distribuzione innovative (distribuzione rasoterra a bande oppure con leggero interrimento).

Le soluzioni per ridurre le emissioni ammoniacali, tuttavia, possono complicare e/o aumentare i costi della gestione aziendale degli effluenti.

L'impronta carbonica di 1 kg di latte per le due aziende del GO è scesa da 1,3 a 1,1 kgCO₂-eq/kg latte per l'azienda Barba e da 1,1 a 0,9 kgCO₂-eq/kg latte per l'azienda Pedrotti, ossia la digestione anaerobica ha ridotto l'impronta carbonica del latte di circa il 20%. È un risultato molto significativo se si tiene conto che la maggior parte degli interventi di mitigazione delle emissioni di gas serra è in grado di ridurre l'impatto di pochi punti percentuali. Inoltre l'energia elettrica prodotta dagli impianti di biogas risulta ad impatto negativo, ossia consente di contabilizzare crediti anziché debiti di carbonio.

Purtroppo «la coperta è corta», tecniche che riducono l'emissione di certi gas possono incrementare quella di altri, ma il bilancio della filiera biogas a soli effluenti bovini aziendali nel complesso risulta positivo.

I benefici economici derivanti dal biogas possono favorire e sostenere l'introduzione in azienda di buone pratiche per ridurre gli impatti ambientali.